

農 林 省
水 産 講 習 所 研 究 報 告

第 8 卷

THE JOURNAL OF
THE SHIMONOSEKI COLLEGE OF
FISHERIES

Vol. 8.

農 林 省 水 産 講 習 所

下 関 市 吉 見

Published by
the Shimonoseki College of Fisheries
Yoshimi, Shimonoseki City
1959

農林省水産講習所研究報告

第 8 卷

目 次

第 1 号 (昭和34年 3 月)

コールタール染による網糸, 網地の性状について—I	高 瀬 増 男	1
The Relationship between Pyridino-protein Dehydrogenases of Citric Acid Cycle and Electron Transport System	Seishi KUWABARA	9
工 場 廃 水 に 関 す る 研 究 第9報 非鉄金属工場廃水の浅海に及ぼす影響について (その1)	赤築敬一郎・早山万彦	53
Trimethylamine の定量法に就いて, Mayer 法の検討	藤井 実・富田輝雄	63
キハダマグロの生鮮肉の成分, 特に各態窒素について	河内正通・江良至徳	67
海産腹足類の卵仔に関する研究—Ⅱ ヒメムシロ 他 6 種	網 尾 勝	73
ヨウジウオの生殖, 発生および稚魚について	高井 徹・溝上和男	85
トラフグの漁業生物学的並びに養成に関する研究—I 池 中 養 成 に つ い て	高井 徹・溝上和男・松井 魁	91
トラフグの漁業生物学的並びに養成に関する研究—Ⅱ 当才未成年魚の成長と減重率について	高井 徹・溝上和男・松井 魁	101
トラフグの漁業生物学的並びに養成に関する研究—Ⅲ 当才未成年魚の全長組成および食性について	高井 徹・溝上和男・松井 魁	105
マフノリ及びフクロフノリの孢子放出について—Ⅳ 蔭干時間と有効孢子量との関係	松 井 敏 夫	113

第 2 号 (昭和34年10月)

The Relation between Chlorinity and Silicate Concentration of Waters Observed in Some Estuaries—IV.	Hiroshi MAEDA and Masakuni TSUKAMOTO	121
--	--------------------------------------	-----

海洋性硫酸塩還元細菌に関する研究—VII.

海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用と培地の酸化還元電位との関係について (その1)

..... 畑 幸彦・三好英夫・門田 元・木俣正夫 135

Protease 活性の迅速な新定量法, 所謂 “Pad-Method” に就いて

..... 藤井 実・富田輝雄 147

工場廃水に関する研究

第10報 酸性廃水の石灰石処理に就いて..... 赤築敬一郎・鬼塚正光 153

蜜豆罐詰内の寒天ゲルに関する研究—I.

ゲル補強剤について..... 小島良夫・稲益猷二・白石友義 161

蜜豆罐詰内の寒天ゲルに関する研究—II.

貯蔵中のゼリー強度及びその他の変化..... 稲益猷二・小島良夫・白石友義 167

ウナギ *Anguilla japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL の骨骼について

..... 松井 魁・高井 徹 173

養成クロダイの成長と外部形態について..... 高井 徹・溝上昭男・松井 魁 183

無足類にみられる潜人および捕食について..... 高井 徹・堤 俊夫 191

アサクサノリの施肥に関する研究—I.

主として無機態窒素の吸収について..... 武居 薫・宮沢 正 199

第 3 号 (昭和34年12月)

日本産重要ウナギ目魚類の形態、生態および増殖に関する研究 高 井 徹 209

THE JOURNAL OF THE SHIMONOSEKI COLLEGE OF FISHERIES

Vol. 8 (1959)

CONTENTS

No. 1. (March, 1959)

On the Purity and State of a Fishing-net (cord and net) Dyed with Coal-tar — I	Masuo TAKASE	1
The Relationship between Pyridino-protein Dehydrogenases of Citric Acid Cycle and Electron Transport System	Seishi KUWABARA	9
Studies on the Foul-water Drained from Factories. 9. On the Polluting Influence of the Waste Liquor from a Non-iron Metal Plant on the Shallow Waters (Part I) Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA		53
On the Determination of Trimethylamine, a Modified Method of the Mayer's	Minoru FUJII and Teruo TOMIDA	63
Studies on the Chemical Composition, Particularly Nitrogen Fractions of a Fresh Yellowfin Tuna Meat	Masayuki KōCHI and Shitoku ERA	67
Studies on the Eggs and Larvae of Marine Gastropods — II	Masaru AMIO	73
On the Reproduction, Eggs and Larvae of the Pipe Fish, <i>Syngnathus schlegeli</i> KAUP	Tōru TAKAI and Akio MIZOKAMI	85
Study on the Fisheries Biology and Culture of the Puffer, <i>Fugu rubripes</i> (TEMMINCK et SCHIEGEL) — I On the Pond-culture of the Puffer		
	Tōru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI	91
Study on the Fisheries Biology and Culture of the Puffer, <i>Fugu rubripes</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL) — II On the Growth and Decreasing Rate of the Fingerling Fish		
	Tōru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI	101

Study on the Fisheries Biology and Culture of the Puffer, <i>Fugu rubripes</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL) — III	
On the Constitution of Total Length and the Feeding Habit of the Fingerling Fish	Tōru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI 105
On the Shedding of Spores of <i>Gloiopeltis tenax</i> (TURN) J. AG. and <i>G. furcata</i> Post. et RUPR.—IV	
Relationship between the Time for Drying the Fronds and the Quantity of their Available Spores	Toshio MATSUI 113
 No. 2. (October, 1959) 	
The Relation between Chlorinity and Silicate Concentration of Waters Observed in Some Estuaries—IV.	
.....	Hiroshi MAEDA and Masakuni TSUKAMOTO 121
Studies on the Marine Sulfate-Reducing Bacteria—VII.	
Relation between the Activity of Marine Sulfate-Reducing Bacteria and the Oxidation-Reduction Potential of the Culture Media (1)	
.....	Yoshihiko HATA, Hideo MIYOSHI, Hajime KADOTA and Masao KIMATA 135
Studies on a New Rapid Determination of Proteolytic Activity by Means of the So-called "Pad-Method".	 Minoru FUJII and Teruo TOMIDA 147
Studies on the Foul-Water Drained from Factories.	
10. Treatment of Acidic Waste Liquor with Limestone.	
.....	Keiichiro SYAZUKI and Masamitsu ONIZUKA 153
Studies on the Agar Gel in Canned "Mitsumame" —I.	
On the Gel Reinforcing Agents.	Yoshio KOJIMA, Yūji INAMASU and Tomoyoshi SHIRAISHI 161
Studies on the Agar Gel in Canned "Mitsumame" —II.	
Changes of Jelly Strength in the Agar Gel, While Stored as Canned Contents, and Some Others.	Yūji INAMASU, Yoshio KOJIMA and Tomoyoshi SHIRAISHI 167
Osteology of the Japanese Eel, <i>Anguilla japonica</i>	
TEMMINCK et SCHLEGEL	Isao MATSUI and Tōru TAKAI 173
Study on the Growth and External Characters of the Cultured Black Bream, <i>Mylio macrocephalus</i> (BASILEWSKY)	Tōru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI 183

Daily Periodic Movements of the Four Species of Apodal Fishes, Particularly in Their Creeping Feeding Habits.	 Tōru TAKAI and Toshio TSUTSUMI	191
--	--	-----

Studies on the Fertilization of Cultured Lavers—I. Particularly on Their Inorganic Nitrogen Absorption.	 KAORU TAKESUE and Akira MIYAZAWA	199
--	--	-----

No. 3. (December, 1959)

Studies of Apodal Fishes, the Order <i>Anguillida</i> in Japan on Their Morphology, Ecology and Aquiculture.....	Tōru TAKAI	209
---	------------------	-----

コールタール染による網糸、網地の 性状について—I*

高 瀬 増 男

On the Purity and State of a Fishing-net (cord and net)

Dyed with Coal-tar—I.

By

Masuo TAKASE

In dyeing fishing-nets made of synthetic fiber, we generally use a mixed dye composed of coal-tar and creosote-oil. With this dye the author has got the net stuff dyed which is to be used for Kuralon No.1 net ($20^{\circ}\text{S}/3\times\text{Z}$, flat knot net, 1.3 inch mesh-size, netting cord with a diameter of 0.92mm), intended for a mackerel purse seine, and then examined it in the following four points.

- 1) Increase in weight: the rate of increase in weight of the stuff is in proportion to the quantity of coal-tar mixed in the dye, oil dye #4~#10 having been used as the separation dyeing.
- 2) "Dryness", or how soon the submerged net gets dry: the drying index is in proportion to the quantity of creosote-oil mixed in the dye, and dip dyeing makes the dyed stuff dry more quickly than separation dyeing.
- 3) "Washed-away", or how much the dye comes off when the dyed stuff has been submerged and washed, gradually losing its weight: its index is in proportion to the quantity of creosote-oil mixed in the dye.
- 4) "Sinking", or the weight of the net in the water, as against the weight in the air: the net gets heavier in the sea in proportion to the quantity of coal-tar mixed in the dye.

緒 言

近年合成繊維製の漁網が多く用いられているが、これをコールタール染料（厳密には染料といえないが）で染付けた場合の諸性状について少しく実験してみた。従来の動植物天然繊維製漁網の染料としては防腐を最大目的としたが、合成繊維ではもはや防腐に意を用いる必要はないとされている。よって本実験ではそれ以外の諸性状特に染料の流失状態、網地の沈降力状態の究明に努力したが、十分な成果を挙げ得なかった。引続き今後の実験にまちたい。

尙本実験に際し試料の提供その他全面的に協力していただいた下関タール工業所の松下芳夫

氏並びに寒中にも拘らず海上実験を手伝っていただいた板付貞夫氏、藤原市松氏の諸氏に衷心より感謝の意を表する。

1. 染料の調合割合

まき網用網地の染料として従来用いられている調合割合を採用した。まき網はサバ巾着網用の網地（身網地）とした。

Table 1. Names of dyes and mixing percentage (volume rate).

Name of dye	Coal-tar %	Creosote-oil %	Note
Oil dye-# 1	10	90	Re-dyeing
// -# 3	30	70	Raw(white)net dyeing and re-dyeing
// -# 4	40	60	Separation dyeing(nets to be used in autumn)
// -# 5	50	50	// (//)
// -# 6	60	40	// (nets to be used in spring)
// -#10	100	0	Contrast dye

次に染料の分析表を示す。この染料は広島ガス株式会社の製品で、分析表は同工場で分析した値である。

Table 2. Analysis of dyes.

a. Coal-tar

Section	Specific gravity 15/4°C	Water contents %	Engler's viscosity 50/20°C	Distillate to 230°C %	Distillate to 300°C %	Insoluble matters by benzol %
Coal-tar No. 2	1.21	2.0	10.5	8.9	24.2	12.51

b. Creosote-oil

Section	Specific gravity 40/4°C	Water content %	Engler's viscosity 40/20°C	Distillate to 235°C %	Distillate to 315°C %	Insoluble matters by benzol %	Acidic oil %	Color
Creosote-oil No. 2	1.064	Marks	1.30	23.5	70.0	0.17	3.7	Dark brown

2. 供 試 網 地

供試網地の諸要素を次に示す。

網地：クレモナ（万漁）（=Kuralon）20'S/3×3/Z，目合10節，本目結節，縦編，網糸の太さ：直径=0.92mm読取顕微鏡で10回測定平均値

網糸の燃度：1.5cmに対する上燃回数=4.5T，同下燃回数=12.5T：30cmに対する換算，上燃回数=90.0T，同下燃回数=25.0T，検燃機にて10回測定平均値

網地の大きさ：縦50目，横20目の網地計12枚とし，半数は水洗（海上曳網）用とし，残り半数は乾燥用とした。

3. 染 付 方 法

1号油染料及び3号油染料は浸漬染即ちドブ漬とし、4号油染料～10号油染料は振切染即ち染付後遠心分離機に掛けて余分に附着した染料を振切ったものとした。染網地は染付後90時間屋外で水平乾燥したものを用いた。

Table 3. Raw (white) net weight, dyeing condition and separated index.

Section		Raw (white) net weight g	Temperature of dye solution °C	Soaking time in the dye min.	Separated index	Note
Washed net	Oil-dye-# 1	26.4	20	30	—	Dip dyeing
	" -# 3	26.6	20	30	—	"
	" -# 4	26.8	40	30	186	Separation dyeing
	" -# 5	26.6	40	30	184	"
	" -# 6	26.2	40	30	190	"
	" -#10	26.8	40	30	201	"
Dried net	Oil-dye-# 1	26.4	20	30	—	Dip dyeing
	" -# 3	26.2	20	30	—	"
	" -# 4	26.8	40	30	186	Separation dyeing
	" -# 5	26.6	40	30	186	"
	" -# 6	27.0	40	30	187	"
	" -#10	26.6	40	30	202	"

Size of net : 20 meshes×50 meshes, mesh size=1.3 inches, flat knot net.

Separated index : [weight of dyed net (weight of net stuff after being dyed with its excessive dye taken off by a centrifugal machine)/Weight of raw (white) net]×100.

4. 重 量 増 加 割 合

浸漬染及び振切染の重量増加割合を次に示す。

Table 4. Rate of increase in weight of the net after being dyed.

Section	Weight-increase index		Weight-increase mean index	Note
	Washed net	Dried net		
Oil dye-# 1	214	214	214	Determined after 90 hours' drying
" -# 3	221	224	223	
Oil dye-# 4	186	186	186	Determined after separation dyeing
" -# 5	184	186	185	
" -# 6	190	187	189	
" -#10	201	202	202	

Weight-increase index : [Weight of dyed net/Weight of raw (white) net]×100.

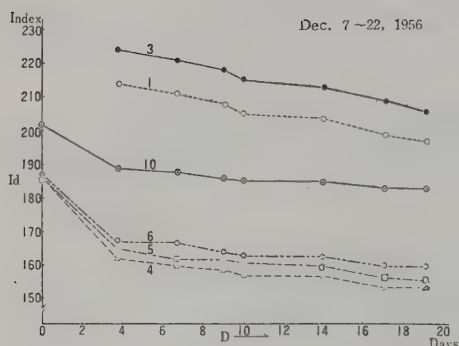


Fig. 1. Showing dryness index of weight of dried dyed net as against weight (100) of white net. Temp. 15°C, RH. 65%.

Dryness index : $[\text{Weight of dried net} / \text{weight of raw (white) net}] \times 100$

Id = Dryness index. D = Dryness days.

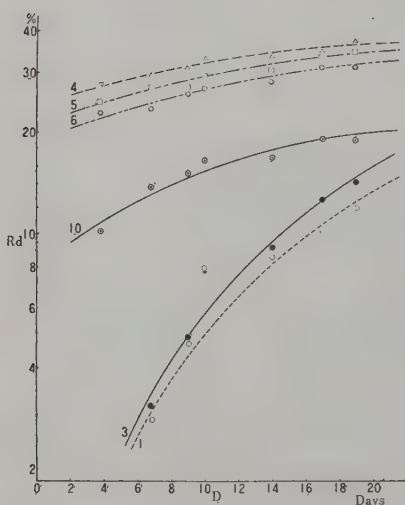


Fig. 2. The graph shows dryness rate of dried net to dye weight (100) after 90 hours' drying, when net has been dyed with oil dye #1 and oil dye #3; dryness rate of net dyed with oil dye #4~oil dye #10 to dye weight (100) after separation dyeing.

Dryness rate : $[\{\text{Weight of net soon after being dyed} / \text{weight of dried net}\} / \{\text{Weight of net soon after being dyed} / \text{weight of raw (white) net}\}] \times 100$

Rd = Dryness rate. D = Dryness days.

5. 乾燥状態

染網を空中に放置しておくで染料が次第に乾燥して網地重量が減少してゆく。今これを或る時間毎に重量を測定して左図に乾燥状態を示す。

6. 流失状態

染網を海中で使用する場合少しづつ染料が流失してゆく、染付け間もない網地等では操業中多量の染料が浮上流失してゆく現象は常に見聞するところである。夫々に調合された染料で染めた網の染料が流失して網地重量が減少してゆく状態を次図に示す。

実験方法は染網地の横辺20目に約3割の縮結を与えて竹竿に取付け、内火艇の船尾より海上を水平に曳航して水洗したものや或る時間乾燥した後網地重量を測定した。

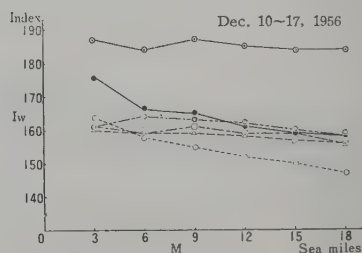


Fig. 3. Showing the "washed-away" index of dyed net to weight (100) of raw (white) net, when dye has come off dyed net to some extent. Water temp. 13°C

"Washed-away" index : $[\text{Weight of washed net} / \text{Weight of raw (white) net}] \times 100$

Iw = "Washed-away" index.

M = "Washed-away" (total) sea miles.

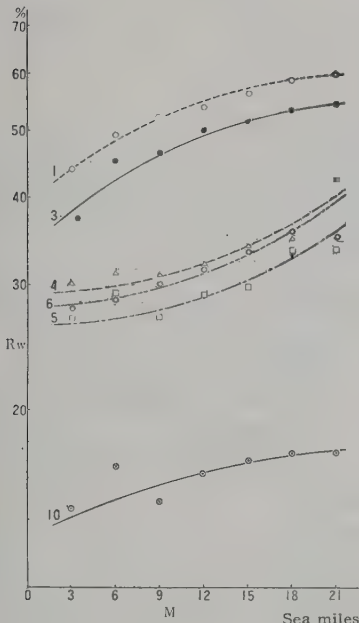


Fig. 4. Showing "washed-away" ratio of net dyed with oil dye #1 and #3 to dye weight (100) after 90 hours drying, and that of net dyed with oil dye #4 and #10 by means of separation dyeing to dye weight (100).
 "Washed-away" rate : $\left[\frac{\text{Weight of net soon after being dyed-weight of washed net}}{\text{Weight of net soon after being dyed-weight of raw (white) net}} \right] \times 100$
 $Rw = \text{"Washed-away" rate.}$
 $M = \text{"Washed-away" (total) sea miles.}$

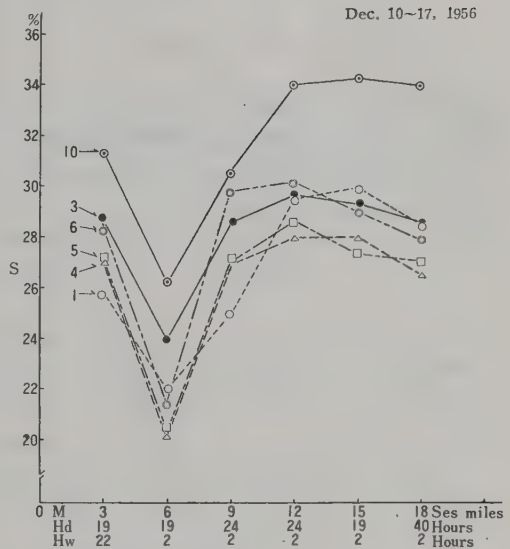


Fig. 5. Showing how much two different dried dyed nets of the same dimension weight when one submerged in salt water and the other in fresh water.

S=Sinking.

M=Washed-away/(total) sea miles.

Hd=Dryness hours.

Hw=Soaking time in hours.

7. 沈降力状態

染網地の空中重量が大であっても、これを水中で測定すれば浮力の影響で空中重量よりはるかに小さな値となる。この水中重量を本実験では沈降力と呼び、白網重量(空中重量)に対する百分率で示す。

実験方法は染網を海上で水洗した後竹竿より取外し湿潤のまま淡水中に投げ或る時間(1回目22時間, 2回目以後2時間経過後水中重量を測定し, 毎回毎に或る時間(約17時間)吊垂乾燥したものを再び海上で水洗し, 同様にして水中重量を測定した。

沈降力が図の如く大きな変化を示すことは, 毎回の乾燥即ち染付網地の吸水状態によるものと考えられるので, 次に水洗の途中毎回乾燥せずに水洗毎に直ちに水中重量を測定した結果を第6図に示す。

実験方法は3号油染料で染付けたクレモナ(万漁)20'S/3×3/Z, 目合10節網, 縦50目, 横20目の網地を用い, 染付後(方法は前回に同じ)30時間乾燥した染網を淡水水槽中に1m四方の枠に約3割の縮結を与えて展張し, 枠を廻転し或る時間水洗毎に取外して直ちに淡水水中に投げ, 約5分間以内に水中重量を測定した。

8. 実験式

実際に操業している網地の重量を推定するための参考として代表的な資料を選び次の実験式を得た。但し水洗曳網回数と実際操業の操業回数との関係が不明であるため本式を直ちに应用することは出来ない。

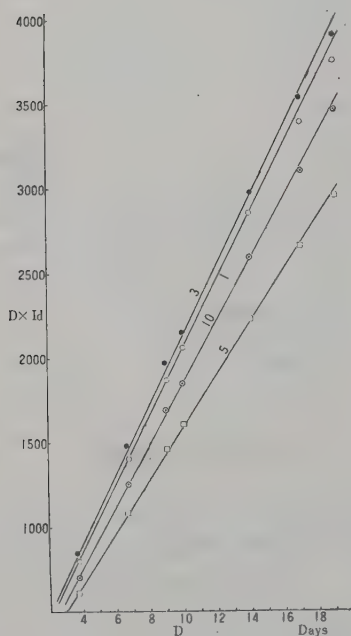


Fig. 7. Showing respective empirical formulas of dryness index of oil dye # 3 (typical dye for dip dyeing), oil dye # 5 (typical dye for separation dyeing) and oil dye # 10 (100% coal tar).

Id = Dryness index.

D = Dryness days.

$$Id_1 = (68.6/D) + 196.4$$

$$Id_5 = (86.0/D) + 206.0$$

$$Id_{10} = (36.8/D) + 157.2$$

$$Id_{10} = (22.9/D) + 183.2$$

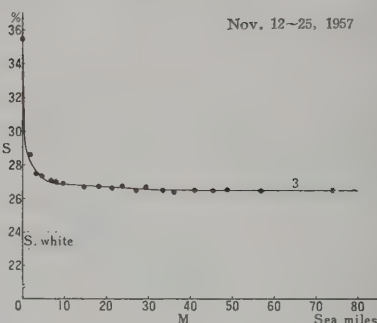


Fig. 6. Showing weight in fresh water of net stuff dyed with oil dye #3. Temp. 10°C , RH. 70% water temp. 16°C
S = Sinking.
M = Washed-away (total) sea miles.

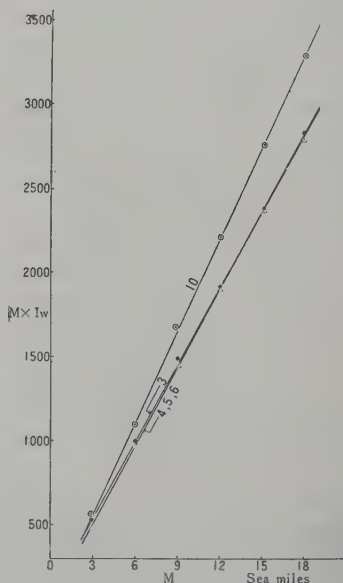


Fig. 8. Showing empirical formula of "washed-away" index of value of oil dye # 3 and those of mean value of oil dye # 4, oil dye # 5 and oil dye # 6, the last three being for separation dyeing.

Iw = "Washed-away" index.

M = "Washed-away" (total) sea miles.

$$Iw_3 = (66.0/M) + 154.7$$

$$Iw_{4,5,6} = (32.0/M) + 156.0$$

$$Iw_{10} = (10.0/M) + 183.3$$

9. 考 察

本実験に於ける染料及び染付方法は現在業者間に用いられている方法によったものであるが、海水実験と淡水実験とでは、染料の化学的、物理的影響等は異なると思われるので、今後究明する必要がある。又本実験の他に吸水性、沈降速度、保水力、流水抵抗、抗張力、耐摩性其の他の諸要素は今後の実験にまちたい。

1) 増量状態：増量指数は浸漬染（ドブ漬）に於いて白網重量の約 2.2倍となり、10号油染料を除く振切染で約1.9倍、10号油染料で約2.0倍としたが、全部浸漬染とすれば当然コールタールの割合の大きい順に増量指数も大きいものと考えられる。

2) 乾燥状態：染網の乾燥途中に於ける重量減少状態は、振切染に於ては染付け後間もない時は比較的乾燥速度が大きく、以後は比較的緩かに乾燥する。又重量の通減状態は浸漬染の方が振切染よりもその程度が大きく、クレオソート油の混合割合に比例している。尙大気中の湿度の影響があるが詳細は今後の実験にまちたい。

3) 流失状態はクレオソート油の混合割合に比例している。又浸漬染に於いては染付け間もない時は白網重量に対して10号油染料を除く振切染よりも流失の程度が小さく、その後急速に流失し或る時期以後はむしろ浸漬染の方が流失の程度が大きくなっている。全般的に見て或る程度流失した後は流失の程度が緩かになるようである。

4) 沈降力状態：染網の乾燥水洗後の水中重量が毎回毎に大きく変化することは、漁具の設計上注意すべき事項の一つであるものと思われる。本実験では1回目（に於て）22時間、以後2時間程度淡水中に投じて水中重量を測定したが、淡水浸漬時間を一定にすべきではなかったか。

然して白網の沈降力を23~24（空中重量 100に対して）とするならば、或る場合には白網沈降力よりも染網のそれの方が値が小さくなっているが、染網したためにむしろ網地が軽くなっていることを意味し一考を要するのではないか。この原因として染料中の疎水成分のため網糸及び結節の部分に多数の小気泡が附着していること、繊維間隙に空気を含んだまま染付けられたこと、水洗後淡水中に浸漬しておく時間の長短によって沈降力が変化すること、及び海水水洗によって染料の成分に変化を来したこと等が考えられるが、本実験に於いては確かな原因を追及することは出来なかった。

然し第6図に示す様に、染網を途中で乾燥せずに直ちに沈降力を測定した場合には、沈降力が或る程度低下した後は殆んど変化なく、又白網沈降力よりも大きな値を示しているから、考えられる諸原因の中染網の吸水速度の影響が大きいものと思われる。

従って第6図だけから見れば、実際操業の場合投網時に先だって充分に網地を湿润させておく必要があるものと考えられる。

10. 参 考 文 献

- 1) 下崎吉矩：1956. 網をコールタールで染めることの意味について。ていち, 8.
- 2) ————：1956. 網糸の防腐法並びに合成繊維網糸の二三の特性について。ていち, 10.

The Relationship between Pyridino-protein Dehydrogenases of Citric Acid Cycle and Electron Transport System*

By

Seishi KUWABARA

It is now generally recognized that the mitochondria of plant and animal cells catalyze the oxidation by molecular oxygen of all member of the citric acid cycle, of fatty acyl CoA's and β -hydroxyacyl CoA's and of other ancillary substances such as L-glutamate and L-proline. The system which implements the machinery for energy production from oxidative process involving molecular oxygen is known as the terminal electron transfer system.⁶⁾

During the five years Dr. GREEN's laboratory has been concentrating on the isolation and study of submitochondrial particulate units which contains the complete electron transport system for the aerobic oxidation of succinate and DPNH.^{5) 6) 7)} This unit of remarkably reproducible composition has been called the electron transport particle or ETP which contains the classical heme chain. The electron transport particle does not carry out oxidative phosphorylation.

ZIEGLER^{20) 21)} extracted from the beef heart mitochondria a submitochondrial particle which catalyzed oxidative phosphorylation at the same efficiency as the starting mitochondrial suspension. Perhaps the most striking difference between this phosphorylating electron transport particle or PETP and ETP apart from the capacity for oxidative phosphorylation is that while ETP can not catalyze the oxidation of any member of citric acid cycle other than succinate ETP can catalyzed the oxidation of all member of citric acid cycle.

Tentative evidence suggests^{16) 20) 21)} that the dehydrogenases of the citric acid cycle are present in electron transport particle, but these enzymes are not capable of reacting with oxygen. It suggests as working hypothesis that enzymes are arranged within the mitochondria as shown in Fig. 1.

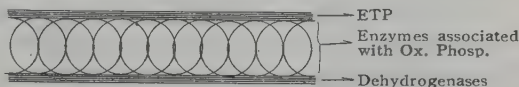


Fig. 1. Diagrammatic representation of morphology and enzymatic localization of sub-mitochondrial cristae in longitudinal section.

* Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 259 received May 2, 1958.

The following abbreviation will be used throughout this paper:

DPN, diphosphopyridine nucleotide; DPNH, reduced DPN; TPN, triphosphopyridine nucleotide; CoA, coenzyme A; CoASH, reduced CoA; ATP, adenosine triphosphate; GSH, reduced glutathione; BSA, bovine serum albumin; Tris, (tris) hydroxymethyl aminomethane; RNA, ribonucleic acid; RNA'ase, ribonuclease; DNA, deoxyribonucleic acid.

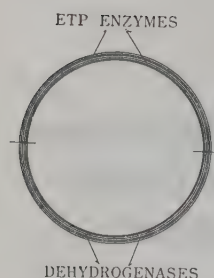


Fig. 2. Diagrammatic representation of electron transport particle (ETP)

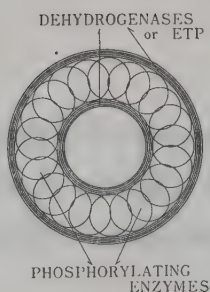


Fig. 3. Diagrammatic representation of phosphorylating electron transport particle (PETP).

Presentation of this structure (Fig. 2) is essential for closed system of oxidative phosphorylation added cofactor will not affect oxidative phosphorylation.

On the other hand, partly uncoupled system respond to added co-factor both for oxidation and phosphorylation. This system has undergone some structural change but it is postulated that co-factors are capable of recoupling the ETP-dehydrogenase-oxidative phosphorylating enzymes (Fig. 3).

The ETP and PETP are possible formed as shown in Figs. 4 and 5 respectively.



Fig. 4.



Fig. 5.

The present work is concerned the linkage by which the pyridino-protein enzymes are bound to the electron transport system in phosphorylating beef heart mitochondria. (BHM) BHM has been disintegrated by a variety of procedures to determine some of the factors governing the association of pyridino protein enzymes with the fragmented particle.

Materials and Methods

Preparation of ETP—The mitochondrial suspension was prepared in sucrose media essentially according to the standard procedure of Hogeboom and Schneider. Such a suspension adjusted to pH 8.5 with 0.1 M KOH readjusted every 10 min. to pH 8.5 for at least 45 min. at 15,000 rpm. Pour only red translucent material off top of tube (perhaps only a variable fraction of supernatant). Supernatant spin at 30,000 rpm for 30 to 50 min., washed twice with 0.25 M sucrose and resuspended in sucrose.

The whole problem of ETP has been to establish positively or otherwise that it is the repeating enzymic unit of which the BHM are composed. It has not been possible to find any real supporting evidence for this hypothesis prior to experiments using the Hughes press.

The yield of ETP can be made to vary very considerably depending upon the starting material but as no activity is created this does not lead support to repeating unit hypothesis, *e. g.*,

Unit	BHM	ETP	Residue	Soluble
(DPNH-cytochrom c activity, μ moles DPNH oxidized/min./mg. protein)	200	80	1.0	—
Specific Activity (μ atoms O/min./mg. protein)	2.0	3.5	1.0	—

1st extract	(mg.)	100	23	70	—
Yield	(%)		20	70	10
2nd extract	(mg.)		20	40	—
// Unit			60	60	sol.
Specific Activity			3.0	1.3	—

A 3rd and 4th extractions may be necessary to completely extract the ETP but specific activity will be decreasing steadily and there will be no increase in units. Indeed if "light" BHM are repeatedly selected by centrifugation in sucrose, these "light" BHM can be converted to say 50% ETP on the first extraction and still more on 2nd and 3rd extractions. However there is still no creation of units and these mitochondria never give rise to PETP. The "heavy" BHM also selected by centrifugation yield only very small percent of ETP, say 5%.

Table 1. Effect of pH on ETP yield.

	Original			Residue				Supernatant			
	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%
1#	27	20.6	556	11	22.6	349	45	22	13.8	304	55
2#	27	20.6	556	8.3	23.4	194	35	23	16.0	368	66
3#	27	20.8	582	6.7	25.0	167	28	25	18.1	453	77
				ETP				Soluble			
	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%
1#	—	—	—	—	18.9	—	—	50	1.49	75	13
2#	—	—	—	9.4	25.4	239	43	49	2.15	105	19
3#	—	—	—	9.9	24.2	240	41	46	2.0	98	17

1#—10 ml. BHM, 11 ml. 0.5 M sucrose, 9.1ml. KPO_4 0.5 M pH 6.1

2#—10 ml. BHM, 11 ml. 0.5 M sucrose, 9.0ml. KPO_4 0.5 M pH 7.1

3#—17 ml. BHM, 11 ml. 0.5 M sucrose, 9.0ml. KPO_4 0.5 M pH 8.1

Preparation of PETP— To make 30 ml. initial suspension, with 0.05 M $KHPO_4$, pH 7.0, 0.9 ml. and 95% ethanol 4.7 ml.

Coenzyme mixture 0.5 M versene 0.06 ml., 2.5 ml. CoASH 1mg./ml., 20 ml. 0.1 M DPN, 10 ml. 0.1 M GSH, 20 ml. 0.005 M cocarboxylase, 30 ml. H_2O , 0.2 ml. 0.1% TPN, 0.6 ml. 0.5 M pyruvate, 0.2 ml. 0.1 M ATP, 0.3 ml. $MgCl_2$.

Table 2. The yield of PETP.

Original			Residue				PETP			
Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total protein (mg.)	%
120	27.2	3264	60	36.8	2808	68	20	17.1	342	11
			ETP				Supernatant			
			20	17.7	354	11	95	1.6	152	5

BHM 60 ml., 36 ml. KPO_4 (pH 7.8) 0.5 M, 18.8 ml. ethanol, 0.5 M. versene (pH 7.0), 1.2 ml. $MgCl_2$ 0.1 %, 1.2 ml. ATP 0.1 M, 10.0 ml. cofactor mixture (CoA 1mg./ml., 20 ml., DPN 0.1 M, 20 ml, GSH 0.1 M 10 ml, Cocarboxylase 0.005 M. 20 ml., H_2O 30 ml.), 0.8 ml. Pyruvate 0.5 M, 0.4 ml. Malate 0.5M, then make to 120ml. with sucrose.

Coenzyme mixture and BHM mixed to make *ca.* 16 ml. (BHM 1:1 in sucrose, protein *ca.* 60 mg./ml.), phosphate added, followed by alcohol precooled to -20°C . The whole is then homogenized at once at high speed and centrifuged at 15,000 rpm for 5 min. (*ca.* 4 min. to reach 15,000 rpm and about $4\frac{1}{2}$ min. to stop).

Pour off supernatant make to 30 ml. with 0.25 M sucrose spin at 30,000 rpm for 30 to 50 min. Pour off supernatant and discard. Slough off upper layer of sediment and transfer to another tube. Wash both sediments twice with 0.25M sucrose- 10^{-8} M ATP, 10^{-8} M KPO_4 , pH 7.1 (Table 2).

Preparation of ETP-PETP—This is distinct from alkaline ETP and phosphorylating PETP. This preparation phosphorylates poorly and differs from alkaline ETP in higher yield and contains the dehydrogenase of citric acid cycle. Yield of this material as for high phosphorylating PETP. Add BHM suspension, with 3.0ml 0.5M KPO_4 , pH 7.4, 1.0ml 95% ethanol and 0.02ml. versene 0.5M, to marked 10ml. tube, transfer to homogenizer and homogenized at top speed. Spin in no. 40 Spinco at 17,000 rpm for 6 min., supernatant spin again at 40,000 rpm for 20 min. Wash quickly first sediment (residue) and second sediment (PETP-ETP) twice with 0.25 M sucrose and resuspended in same (Table 3).

Table 3. Some variation in earlier experiments on ETP-PETP.

1. Variation of pH.

pH	Residue (%)	ETP-PETP (%)	Supernatant (%)
7.0	72.5	22.6	12.3
7.8	61.0	28.0	12.1
8.5	50.0	23.3	12.5

3.2ml. 95% ethanol, 0.06ml. versene 0.5M, 60ml. 0.5M KPO_4 pH 7.0, 7.8, 8.5, BHM to 30ml. Mixture incubated at 0 for 30min, homogenized and fractionated.

2. Variation of alcohol content.

Alcohol (ml.)	Residue (%)	ETP-PETP (%)	Supernatant (%)
non	64.3	22.9	5.9
1.6	66.0	20.0	5.9
3.2	63.5	21.4	4.8
4.7	60.8	17.2	9.2
6.3	53.6	19.4	9.0

6.0ml. KHPO_4 0.5M pH 7.8, 0.5M Sucrose 0.06 ml. BHM, variable alcohol, final volume 30.0ml.

3. Variation of phosphate 95% 4.7ml., 0.5M versene 0.06 ml. BHM.

	Vol (ml.)	Residue (%)	PETP-ETP (%)	Supernatant (%)
tris 1.0M pH 7.8	15	90.0	1.6	6.3
KPO_4 0.5M pH 7.8	1.2	93.3	4.6	4.6
"	6.0	71.8	24.0	8.1
"	9.0	77.8	16.4	5.5
"	12.0	66.9	15.2	5.5

Versene between 0.06ml. 0.05M and 0.3ml. 0.5M was without detectable effect. The inclusion of substrates (pyruvate, malate, α -ketoglutarate, as well as ATP, MgCl_2 does not effect the yield of ETP-PETP.

The only additive affecting the yield of ETP-PETP in the phosphate buffer, the pH, use of other buffer, inclusion of alcohol, substrate and cofactors do not significantly effect the yield. Ethanol is required only the preserve phosphorylating activity the substrates and cofactor assist in this process to varying degree; ethanol being the most important. Under the best conditions yield of ETP-PETP prior to Hughes press never exceeded 30% one single extraction and usually in range 10–25%. Sometimes however, only 5 % yield seem to depend upon starting material; one experiment yielding say 25%, other only 5 % by some procedure varying only in the starting BHM.

Estimation of Pyridino-protein Enzymes and Associated DPN Enzymes—

Some periods have been spent finding the most suitable methods for assaying the dehydrogenase present in BHM and various fractions isolated therefrom. 1) malic dehydrogenase:- DPN + oxaloacetate 2) isocitric dehydrogenase:- reduction of $\text{TPN}^{(5)10}$ 3) malic dehydrogenase:- reduction of TPN 4) β -hydrobutyric dehydrogenase:- reduction of DPN 5) α -ketoglutaric dehydrogenase:- anaerobic measurement of CO_2 evolution. Reaction carried out in NaHCO_3 - $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ under atmosphere of N_2 - CO_2 6) pyruvic dehydrogenase:- as yet this assay is unreliable. Using beef heart mitochondria the $\text{Fe}(\text{CN})_6'''-\text{HCO}_3'$ method can be used with BHM with pyruvate alone or pyruvate + oxaloacetate as substrate, the rates being 0.012 $\mu\text{atoms CO}_2/\text{min.}/\text{mg. protein}$ and 0.030 $\mu\text{atoms CO}_2/\text{min.}/\text{mg. protein}$ (this latter corrected for oxaloacetate alone activity). 7) α -ketoglutaric dehydrogenase⁹⁾:- each manometer flask $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 50 μmoles , NaHCO_3 40 μmoles , MgCl_2 20 μmoles , BSA, 10% 0.2ml., α -ketoglutarate 20 μmoles , BHM, water to 3.2ml. Rate of CO_2 evolution measured for 10min. late linear and proportional to added BHM, 5.4mg. and 10.8mg. respectively and 0.030 $\mu\text{moles CO}_2$ per min. per mg. protein. The effect of varying concentrations of DPN (none added and 0.1ml. 0.01M DPN), $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ (10–50 μmoles), NaHCO_3 (20–40 μmoles) were all examined without any significant difference being observed, same was true for added cocarboxylase. The BHM were oxidized by incubated at 38°C for 13min. likewise without great change in the α -ketoglutaric dehydrogenase activity observed value 0.021. On attempted dismutation measurement,

α -ketoglutarate + oxaloacetate $\rightarrow$ malate + succinate

could not be measured anaerobically in NaHCO_3 buffer- N_2 - CO_2 in the absence of $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$.

Likewise,

2 α -ketoglutarate + NH_4Cl $\rightarrow$ glutamate + succinate + DPN

in NaHCO_3 and absence of $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ was not detectable by this procedure. Acetone powder of BHM assayed zero for α -ketoglutarate and pyruvate using NaHCO_3 - $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$. On the other hand BHM in sucrose and washed with distilled water still assay some value for α -ketoglutarate. 8) pyruvic dehydrogenase in BHM:- each manometer contained NaHCO_3 40 μmoles , DPN 0.1 μmole , MgCl_2 20 μmoles , cocarboxylase 0.005 moles 0.1ml., 10% BSA 0.2ml., $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 10 μmoles , pyruvate 20 μmoles , oxaloacetate 10 μmoles , water to 3.2ml. Under this assay conditions acetone dried BHM no activity towards pyruvate (0.012 $\mu\text{atoms CO}_2/\text{min.}/\text{mg. protein}$) but an oxaloacetate decarboxylase was evidence in these preparations (0.03). α -ketoglutarate and the glutamate anaerobically oxidized by acetone dried BHM, the α -ketoglutarate

assayed glutamate 0.017. In combination of pyruvate + malate or be assayed to oxygen but not pyruvate+oxaloacetate. This small value (0.010) observed with fluffy ETP isolated during the preparation of ETP is attribute to contamination with PETP.

Extraction of RNA— An equal volume of cold 20% TCA(trichloroacetic acid) is added to nucleoprotein suspension in a graduated conical centrifuge tube and mixture is left in an ice bath for 15 to 30min. before centrifuging. The residue after centrifuging is washed 2 times with 10 volumes of cold 10% TCA, in order to remove the acid soluble nucleotides and sucrose. The washed TCA residue is suspended in water (about 1ml. per 20mg. protein of original sample) and mixed with four volumes of 95% ethanol at room temperature and centrifuged; the residue is washed 2 times with (3:1) ethanol-ether to extract the phospholipide which are discarded. The washed nucleoprotein residue is suspended in 5% TCA (approx. 1 ml. TCA per 25 mg. of protein) and heated for 15 min. at 90°C. and centrifuge. The clear supernatant is transferred to graduated conical centrifuge tube. The residue is washed once with 5% TCA (room temperature) and wash combined with hot extract to form the nucleic acid fraction. The washed TCA prepare constitutes the protein fraction and is reserved for the protein determination.

Determination of RNA-ribose—The nucleic acid ribose in the extract is determined by the method of Mijbam. An aliquot of the extract is added to 1.5 ml. of the orcinol reagent and volume adjusted to 3.0ml. with 5% TCA. The color is developed by heating the tube in the boiling water bath for exactly 20min. The tubes are immediately cooled in an ice bath and read against a reagent blank at 666m μ . in the Beckman DU. The ribose concentration is calculated by referring the reading to a standard curve constructed from values obtained with crystalline arabinose. 1) **Orcinal reagent**:- a stock solution of 0.1% FeCl₃. 6H₂O in conc. HCl is prepared and stored in a tightly sealed glass stoppered bottle. The orcinol reagent is prepared by dissolving 100mg. of orcinol in 100ml. of the stock solution. 2) **Construction of the standard curve**:- because of its purity and availability arabinose is the prepared pentose standard 100mg. of crystalline arabinose are dissolved in 100ml. of glass distilled water. Since the color developed with the orcinol reagent is proportional to the amount of pentose between 1 and 20 μ g. and aliquot of the arabinose solution is diluted with H₂O and conc. TCA to give a final working standard containing 200 μ g. of arabinose per ml. in 5% TCA. 3) **Determination of protein**:- the protein fraction is suspended in 0.5 to 1.0ml. of H₂O and then dissolved by slowly adding 0.1 N KOH with constant stirring. The final volume of solution is noted and the protein determined by biuret method.

Results and Discussion

I. Fragmentation of Beef Heart Mitochondria

The Effect of DPN on Oxidative Phosphorylation by PETP and Residue— Phosphorylating activity of mitochondria frozen and aged one day were assayed as the starting material (Table 4). Above mitochondria fractionated into PETP and residue respectively. Following alcohol PETP fraction recovered 3 fractions, composed of 10% fluffy layer, 20.7% PETP and 69.3% residue. The fluffy layer was essentially electron transport particle (ETP) and was discarded, the other fractions were assayed (Table 5).

Table 4. Oxidative Phosphorylation by intact mitochondria.

Substrate	ΔP μmole	ΔO μmole	P/O
Pyruvate-Malate	26.5	11.7	2.41
Succinate	27.0	15.7	0.81

Each flask contains 10mg. intact mitochondria, 100 μmoles glucose, 5 μmoles MgCl_2 , 0.5 mg. yeast hexokinase, 5 μmoles ATP, 30 μmoles phosphate, pH 7.1 and where indicated 20 μmoles Na-pyruvate, 5 μmoles K-malate, 50 μmoles K-succinate, 0.25 M sucrose to a final volume of 3.2 ml. Incubated 30min. O_2 uptake measured by standard Warburg technique. Phosphate determined by method of Fisk and Subbarow.

The residue responds aerobically to DPN and the oxidation of DPNH is linked to phosphorylation, the observed P/O ratio in absence being 1.28 and in presence of DPN 1.73 μmoles P/min./mg. protein being 0.27 and 0.77 μatoms O/min./mg. protein being 0.26 and 0.47 respectively.

Table 5. Effect of DPN on PETP and residue material.

Fraction	Substrate	DPN (1 μmole)	P μmoles	O μmoles	P/O
Residue	Pyruvate-Malate	—	4.6	3.6	1.28
"	"	+	12.6	7.0	1.73
PETP	"	—	13.2	7.49	1.76
"	"	+	13.4	8.38	1.60

Conditions as in Table 4.

PETP was not greatly affected by added DPN but the oxidation of DPNH which did not couple to phosphorylation. The observed P/O ratio being 1.73, 1.76 in absence of DPN and 1.52, 1.60 in addition of DPN.

The Effect of an Alkaline Extract of Mitochondria on Phosphorylation by PETP—Mitochondria are washed suspended in 0.25M sucrose and pH adjusted to 11.0. The mixture is centrifuged at 40,000 rpm for 30 min., the sediment discarded; the supernatant constitutes the "alkaline extract". The effect of alkaline extract on

Table 6. The effect of an alkaline extract of mitochondria on phosphorylation by PETP.

Substrate	Alkaline Extract	ΔP μmoles	ΔO μatoms	P/O	μatoms O/min./mg. protein
Malate-Pyruvate	—	9.3	6.9	1.35	0.020
"	+	8.2	9.8	0.91	0.207

Each manometer contains 9.1mg. PETP and where indicated alkaline extract (0.8ml). Other conditions as in Table 4.

phosphorylation by PETP was decreased by added alkaline extract and increase in the rate of oxidation significantly (Table 6).

The Effect of Speed of Homogenization on Mitochondrial Activity—Reostat setting on large blender 70. Heart tissue homogenized for 60 and 120 sec. Debris removed by centrifugation on International centrifuger with reostat setting 17, for

10 min. Mitochondria collected at 15,000 rpm for 15 min., washed once at 30,000 rpm for 5 min. The 60 sec. mitochondrial fraction appreciable contamination with muscle fragments which would probably be readily separated, by a large period of centrifuged at slow speed. The low concentration of protein in the manometers probably does not reflect the maximum activity of the preparation (Table 7). Additional protein in the form of serum albumin is probably desirable.

Table 7. Effect of speed of homogenization on mitochondrial activity.

Fraction	ΔP μ moles	ΔO μ atoms	P/O
Mitochondria (60sec.)	11.8	5.1	2.31
Mitochondria (120sec.)	23.0	9.2	2.50

Substrate—Pyruvate-Malate.

Reostat set on 70 ($1\frac{1}{2}$ total scale) and the whole mixture (30 ml. BHM, suspended in 0.02ml. versene 0.5M, 2.5ml. pyruvate 0.1M, 0.1ml. malate 0.5M, 3.0ml. GSH 0.1M, 0.1ml. $MgCl_2$ 0.1M, 43.5ml. sucrose 1.0M plus 23.3ml H_2O) blended continuously for 4min. with aliquots being with down at 10, 30, 40, 60, 90, 120, 150, 180, and 240 sec. Temperature was 0 to 4°C. Frothing was reduced (eliminated) by placing a cover over the surface of the liquid. The blended samples (240sec.) was centrifuged at 15,000 rpm for 15min. The sediment appeared to be unchanged compared with

Table 8. Effect of low speed blending on mitochondria.

Blending time (sec.)	0	10	30	40	60	90	120	150	180	240
O	9.3	8.2	8.8	7.7	9.3	9.0	8.9	8.2	6.8	7.1
P/O	2.31	3.01	2.93	3.36	2.74	2.83	2.83	2.86	3.60	2.76

original with little or no protein solubilization (Table 8).

BHM suspended in mixture blended at maximum speed for 240 sec. aliquot with down at given intervals, frothing was eliminated as previous experiment, temperature was 0 to 10°C. Then effect of high speed blending on BHM were estimated (Table 9). The decrease in the rate of oxidation and phosphorylation decreasing some what

Table 9. Effect of high speed blending on mitochondria.

Blending time (sec.)	0	10	30	60	120	180	240
Phosphorylation (μ moles P/min./mg.)	0.234	0.222	0.205	0.188	0.115	0.142	0.117
Oxidation (μ atoms O/min./mg.)	2.69	2.85	2.77	2.86	2.50	2.44	2.49

was repeatedly than that for oxidation. Three hours after the above experiments, the 240 sec. blended material was reassayed with cofactor mixture 0.5 ml. (contain DPN, cocarboxylase, CoASH, and GSH) to determine whether the reduced rate of oxidation with this sample is reflection of inactivation or depletion of co-factor (Table 10). The blending treatment has the effect of depleting the BHM of cofactor and also probably

uncoupling the phosphorylation. Oxidation induced by added cofactor is not coupled to phosphorylation.

Table 10. Effect of cofactor on blended mitochondria.

Substrate	Cofactor	P/O	Phosphorylation (μ moles P/min./mg.)	Oxidation (μ atoms O/min./mg.)
Pyruvate-Malate	—	1.42	0.132	0.096
"	+	2.45	0.117	0.048

Cofactor mixture—1 μ mole DPN, 0.5 μ mole cocarboxylase, 0.1 μ mole CoASH.

Fragmentation of BHM in a Hughes press—BHM centrifuged and resuspended to make a concentrated paste in a mixture composed of—(20ml. M sucrose, 0.01ml. of 0.5M versene, 1.25ml. 0.1M pyruvate, 0.05ml 0.5M malate, 1.4ml. 0.1M GSH, 0.05ml. 0. 1M MgCl₂, water to 50ml.). The mitochondrial paste (about 6 — 8 ml.) was placed in a Hughes press precooled about -10 to -15°C for 2 to 5 min. then pressed. The crushed BHM were collected and resuspended in the above mixture. The procedure was repeated on a second sample of BHM only this time the Hughes press was precooled to -30 to -35°C. These fractions were then assayed for oxidative phosphorylation of the original BHM, the -10 to -15°C fraction and hard freeze fraction (Table 11).

Table 11. Effect of cofactor on fragmentation of beef heart mitochondria in a Hughes press.

Fraction	Cofactor	Phosphorylation (μ moles P/min./mg. protein)	Oxidation (μ atoms O/min./mg. protein)
BHM	—	0.180	0.075
"	+	0.175	0.197
Soft Freeze (-10° to -15°C)	—	0	0
"	+	0	0.057
Hard Freeze (-30° to -35°C)	—	0	0
"	+	0	0.014

The oxidative activity of the frozen samples¹⁸⁾ is reduced to zero except in the presence of cofactor supplements (DPN, cocarboxylase, GSH, CoA). Phosphorylative activity was completely destroyed by this procedure. In both instances (-10 and -30°C) the Hughes press completely disintegrated the BHM. The normal BHM and both pressed samples were then subjected to alkaline phosphate-alcohol-versene fraction. Residue and PETP-ETP fractions were isolated from all three samples 1# control mitochondria, 2# soft frozen (-10 to -15°) 3# hard frozen (-30 to -35°) (Table 12).

The residue of 1#, and 2# were re-extracted to yield a further 21.8% ETP for 1# and 24.8% ETP for 2#. Thus total extraction of 2# ETP can be made to approach 80% (74.8%). It was previously always being possible to extract further material from residue but never with increase in units. All of the cytochrom c independent activity has been extractable over a series of re-extraction but never with increased (increasing activity).

Total Extracted Activity—The residues from 1# and 2# above were re-extracted and re-assayed. The results of both assays were pooled and put on a % basis for direct comparison (Table 13). The unit created by the Hughes press exceeds 100%.

Table 12. Oxidative activity of fragments of beef heart mitochondria in Hughes press.

Fraction	Protein (mg.)	Unit(%)		Absolute Unit(%)	Specific Activity	
		no cytochrom c	cytochrom c added		no cyt. c	cyt. c added
1# BHM	158	182	109	291	1.15	0.69
1# ETP-PETP	40.2	135	6	141	3.20	0.15
1# Residue	120	70.8	73	285	0.59	0.61
2# BHM	132	185	62	247	1.4	0.47
2# ETP-PETP	70.2	273	0	273	3.85	0
2# Residue	49	38.8	47	86	0.79	0.96
3# BHM	182	56.5	187	241	0.31	1.10
3# ETP-PETP	48	118	43.7	133	2.45	0.31
3# Residue	104	43.7	183	182	0.42	1.33

1#, control mitochondria; 2#, soft freeze (-10 to 15°C); 3#, hard freeze (-30 to -35°C). All units expressed as μ moles DPNH or succinate oxidized/min./mg. protein at 37.5°C.

Table 13. Total extracted activity in a Hughes pressed and normal materials.

Fraction	Total Protein (mg.)	Units of Activity(%)	
		DPNH Oxidase no cytochrom c	cytochrom c added
Normal BHM	100	115	69
Pressed BHM	100	115	69
Normal Residue	76	45	46
Pressed Residue	23	12	12
Normal ETP-PETP	26	21	6
Pressed ETP-PETP	26	124	0

There is put on insignificant increase in unit by methods not utilizing the Hughes press. Previously fractionation of BHM in Hughes press (cf. Table 11 and 12) has probably carried out at too low a temperature to permit several of appreciable activity.

Table 14. Effect on cofactors on fragmentation of beef heart mitochondria in Hughes press.

Fraction	Co-factor	ΔP (μ moles)	ΔO (μ atoms)	P/O
Normal BHM	—	16.1	8.36	2.12
"	+	17.1	7.61	2.03
-5°C Pressed BHM	—	7.75	5.51	1.50
"	+	4.1	5.67	1.08
-3°C Pressed BHM	—	0	0	0
"	+	4.1	7.61	0.72

Attempted this experiment (Table 14) to rupture mitochondria at -3 and -5°C. Sedimented BHM resuspended in sample mixture to make a paste. Paste added to Hughes press at -3°C and allowed to stand 5 min., then pressed. Procedure repeated at -5°C except material not allowed to stand but pressed after about 30sec.

The Hughes press procedure in these instances is much milder, oxidative activity

can be fully restored in one of the instances upon the addition of cofactor while in the later the restoration is a about 70% of maximum in the presence of cofactors. Phosphorylating activity is presented to some extent. Although the P/O ratio of the -5° sample goes down on the addition of cofactor there is nevertheless some increased rate of phosphorylation. The sample frozen at -3°C had considerably less activity than that frozen at -5°C ; this is probably attributable to depth of the treatment which will need to be standerized. Two factors will be important the temperature and the period to equilibrate before pressing which will determine how far the freeze is. Another important factor is that cooling of the Hughes block varies considerably from one point to another. An acetone dry ice bath set at any given temperature would be a standard temperature throughout the block. It follows that the -3° and -5°C setting recorded in this experiment mean very little in time of the temperature of the block as whole, these temperatures refer only the temperature of hole in the block.

Normal BHM and -5°C sample were carried through alcohol-phosphate fraction (KPO_4 0.5M, pH 8.7, 3.0ml., 95% ethanol 1.6ml., 0.5M versene 0.02ml.) samples added to 10.0 ml. Both homogenized and centrifuged at 40,000 rpm for 20 min., sediment retained and washed twice with 0.25 M sucrose, as was the first residue. This precedure yielded 4 fractions and 2 residues, one each from the BHM and -5° Hughes press samples and ETP-PETP samples, again one each from the BHM and the Hughes press samples (Table 15). The percentage gain in units obtained with the Hughes press is not nearly so high as in the previous experiment (cf. Table 14).

Table 15. Recovery of DPNH oxidase of beef heart mitochondrial fractions in Hughes press at -5°C .

Fraction	Total Protein (mg.)	Units of Activity(%)		Total Units recovered (%)
		no cytochrom c	cytochrom c added	
Normal BHM	174.0	146	96	243
ETP	34.7	132	0	132
Residue	113.0	66	72	132
Pressed BHM	169.0	192	32	226
Pressed ETP	85.3	205	0	205
Pressed Residue	76.8	54	38	92

This may be attributable to two courses; high temperature used at Table 12 compared with Table 14, also the latter was pressed in form of sluggishly flowing liquid whereas the former was free flowing being more dilute.

In previous exteriments with the Hughes press the temperature at which the material was pressed was only approximately controlled. In these experiments the metal block was placed in a acetone dry ice bath hold at -5 and -11°C . After the block had equilibrated with the bath, the samples of BHM were placed in the block left for 5 min. to equilibrate and then pressed (Table 16). The original BHM showing ratios of only 1.77 (unsupplement) with a rate doubling on supplementation and P/O of only 1.52 indicated that the original BHM possessed only both lots of pressed material showed significant phosphorylation. It will be of interest to press the BHM in the presence of alcohol which has been shown to preserve the phosphorylative activity of PETP.

Table 16. Oxidative phosphorylation by Hughes pressed beef heart mitochondria.

Fraction	Cofactor	ΔP μmoles	ΔO μatoms	P/O	Oxidation μatoms O/min./mg. protein
BHM(normal)	—	12.0	7.26	1.52	0.152
"	+	14.1	7.98	1.77	0.091
BHM(pressed -5°C)	—	4.2	8.07	0.52	0.071
"	+	0	0	0	0
BHM(pressed -11°C)	—	5.1	7.11	0.72	0.058
"	+	0	0	0	0

Effect of Blending BHM with Ballotive Beads— BHM were suspended in 2 volumes of (M sucrose 80ml., 0.1 M pyruvate 3.0ml., 0.5M malate 0.5ml., 0.1 M $MgCl_2$ 0.15ml., GSH 3.0ml., 0.5 M versene 0.4ml., 0.01 M DPN 10ml., 0.1 M ATP 1.0ml., water to 60ml.). Two lots of 75ml. suspended BHM plus 14ml. ballotive beads were blended for 20sec. and 60 sec. at top speed in a waring blender with a cover so adjusted as to permit no frothing. Temperature rose only 0 to 4°C. The two blended samples 2# (20sec.), 3# (60sec.) and a normal suspension of BHM 1# were centrifuged three at 10,000 rpm for 10min. in Spinco no. 30 head. The samples were homogenized in 0.25M sucrose and centrifuged at 10,000 rpm for 10min. again without detectable separation. The phosphorylations of 1#, 2# and 3# were assayed (Table 17).

Table 17. Effect of blending BHM with ballotive beads on oxidative phosphorylation.

Preparation	P/O	Oxidation (μatoms O/min./mg. protein)	Phosphorylation (μmoles P/min./mg. protein)
1#	1.88	0.103	0.187
2#	1.666	0.132	0.219
3#	1.777	0.081	0.142

1#, Normal suspension of BHM; 2#, 20sec. blending BHM; 3#, 30sec blending BHM.

The blending procedure decreased in the rate of reactive in 3# but not significantly in 2#. It is noteworthy that the observed P/O values are not significantly altered. The three samples were then fractionated with phosphate-alcohol into, residue and PETP-ETP without any gross change in pattern being observed; although some significant increase may have been observed in the yield of ETP *e. i.*, 19.0→24.5→27.8%.

Effect of Blending BHM in Phosphate on the Yield of PETP-ETP— BHM (30ml.) mixture with PETP fractionation coenzyme mixture plus desoxycholate to 0.03% and 30ml. $KHPO_4$, pH 7.0 final volume made up to 100ml. Mixture blended for 3 min. and then fractionated without any added alcohol.

Blending Time (min.)	Residue (%)	ETP-PETP (%)	Supernatant (%)
0	72	14.2	11.7
3	42	38	16

Combination of phosphate and blending yield increased amount of PETP-ETP assay of activity (DPNH, no cytochrom c) show some creation of units but not as great as with Hughes. Analysis of all fractions not completed, as a rough estimation of activity the following values were obtained:-

	ETP specific Activity (μ atoms O/min./mg. protein)	Total Unit (mg. %)
BHM (normal)	2.9	41
BHM (blended in KPO ₄)	3.42	130

Effect of Hughes Pressed BHM in Sucrose-Phosphate on the Yield of ETP-PETP— BHM were pressed as paste at -12°C . The block was equivalent to -12°C in a alcohol-dry ice bath, the paste added and left for 3 min., the material was then pressed. Initially one lot of BHM was washed with 0.25M sucrose 0.15M KPO₄, pH 7.8 and the sediment obtained in the centrifuge tube was transferred directly to the Hughes press. A second lot of BHM was washed on the centrifuge with sucrose-cofactors (as given in page 17) the sediment was pressed, following fractions have been obtained: 1#, control BHM; 2#, BHM pressed in sucrose-cofactor; 3# BHM pressed in sucrose-phosphate, pH 7.8.

Table 18. The protein values of BHM pressed in sucrose-cofactor and in sucrose-phosphate.

Fraction	Original			Residue				ETP				Soluble			
	Vol. (mg.)	Protein mg./ml.	Total Protein (mg.)	Vol. (ml.)	Protein mg./ml.	Total Protein (mg.)	%	Vol. (mg.)	Protein mg./ml.	Total Protein (mg.)	%	Vol. (ml.)	Protein mg./ml.	Total Protein (mg.)	%
1#	30	16.8	504	9.3	24.3	230	46	11	12.6	142	28.2	55	1.54	<u>85</u>	<u>17.9</u>
2#	30	22.3	669	10.0	15.3	153	23	11.5	25.3	291	45.3	49	2.72	<u>134</u>	<u>20.0</u>
3#	30	23.3	696	6.3	15.8	100	14.4	15	23.7	356	51.2	50	3.0	<u>150</u>	<u>21.6</u>

1#, control BHM; 2#, BHM pressed in sucrose-cofactor, 3# BHM pressed in sucrose-phosphate pH 7.8.

The above protein values (Table 18) in the supernatant were obtained by precipitating the protein in 10ml. supernatant with TCA (5%) redissolving the precipitate in KOH-DOCA and assaying using the buiret. The under-lined values were obtained by a direct assay on 0.3ml. of supernatant. These values are probably high due to the conglomeration of compounds in the supernatant.

Succinoxidase Activity of Hughes Pressed BHM — It was not possible to obtain a steady rate for succinate oxidation in the original mitochondria, so that A and B in Table (19) refer to observed rate of succinate oxidation (specific activity) between 0 — 5 min. and 5—10 min. *i.e.*, calculated from the 5 min. and 10 min. recordings respectively. This is not very satisfactory¹⁰ but it is at present the only method at our disposal. In several different assay at 30 and 38°C the mitochondria did not show a steady rate of succinate oxidation. The difference in specific activity between the original for 1—2# and 3# in Table 19 is accountable for in terms of the phosphate present. 1#—2# are same material—just mitochondria suspended in sucrose whereas 3# is mitochondria suspended originally between pressing in sucrose- 0.15M KPO₄, pH 7.8.

The salient point appears to be that phosphate brings about extensive changes in the material irrespective of the Hughes press. The phosphate appears to contribute considerably to the destruction of the mitochondria. The Hughes press alone leads to the production of 44% ETP which in the succinoxidase assay responds to the extract of 43% in the presence of added cytochrome c. The Hughes press plus mitochondria in sucrose-phosphate led to 51% ETP which responded to the extract of 28 % in

Table 19. Succinoxidase activity of BHM pressed in sucrose-cofactor and in sucrose-phosphate (pH 7.8).

Fraction	1#		2#		3#	
	no cyt. c	cyt. c	no cyt. c	cyt. c	no cyt. c	cyt. c
Residue						
Specific Activity	0.18	0.69	0.14	0.88	0.05	0.68
Total Unit	41.4	158.7	21.4	134.6	5.0	68
ETP						
Specific Activity	1.60	2.20	1.27	2.21	0.72	2.00
Total Unit	227.2	312.4	369.6	643.1	356.3	712
Initial Unit in Original A	317.5	534.2	431.5	695.8	459.4	548.8
Specific Activity	0.63	1.04	0.63	1.04	0.66	0.79
Change in Unit	-48.9	-53.1	-30.5	-81.9	-198.1	-230.2
Total Unit Change		-102		-50.4		-32.1
Initial Unit in Original B	221	345	281	445	341	313
Specific Activity	0.42	0.68	0.42	0.68	0.49	0.45
Change in Unit	-57	-138	-110	-322	-80	-467
Total Unit Change		-195		-432		-384

Assay Procedure:— Manometer contains 0.2M KHPO_4 pH 7.1 0.2ml., 0.5M succinate 0.2ml. (in side arm) 6 N KOH 0.2ml., 1% cytochrom c 0.1ml (where added) enzyme (0.7—1.5mg. protein) + about 0.9—1.4mg. for residue and 0.7—1.0mg. for ETP water to 3.2 ml. Manometer gased with O_2 for 3—5min. after temperature equilibration (5 min.) the succinate is tipped and the zero time reading is taken 2min. thereafter. The rate is determined at 5min. interval experiments are repeated to a suitable dilute. Specific activity was expressed as $\mu\text{atoms O/min./mg. protein}$.

presence of added cytochrom c. The normal ETP yield was 28% with a 21% response to added cytochrom c.

These results highlight the effect of added phosphate. The increased yield of ETP from the phosphate-Hughes procedure is only an apparent increase, in so far as the activity is less than from the Hughes press alone on a weight from weight basis.

II. On the Relationship between the ETP Enzymes and Associated DPN Enzymes

Oxidative Capacity of Residue and ETP — As a first step in the study of component of dehydrogenase it was of interest to localize the some of the enzymes of citric acid cycle in supernatant, residue, and electron transport particle.

Table 20. Oxidative capacity of ETP and residue.

Fraction	Protein (mg./ml.)	Units of Activity DPNH Oxidase		Succinoxidase	
		no cyt. c	cyt. c added	no cyt. c	cyt. c added
ETP	25.8	3.34	3.94	0.88	1.67
Residue	38.4	0.52	1.49	0.34	0.95
Fluffy Residue	18.1	1.21	1.81	0.54	1.02

All units expressed as $\mu\text{moles DPNH or succinate oxidized per minute per mg. protein at } 38.5^\circ\text{C.}$

Washed beef heart mitochondria through the Hughes press in the presence of cofactors. The pressed material without dilution was centrifuged at 40,000 rpm for 30 min., the supernatant was collected. The sediment was then twice washed at 30,000 rpm with sucrose and then resuspended in sucrose. The suspension was split at 15,000 rpm for 5 min., ETP supernatant reserved, as was loosely packed sediment from the normal type sediment. All three fractions were then collected separately by centrifugation. The most important catalytic constants for ETP and residue are summarized in Table 20. The rate of oxidation of pyruvate-malate is proportional to the concentration of supernatant (Table 21).

Table 21. Effect of concentration of supernatant on oxidation of pyruvate-malate by ETP.

Fraction	Supernatant added (ml.)	Oxidation (μ atoms O/min./mg. protein)
ETP	—	0.010
"	0.02	0.012
"	0.10	0.036
"	1.00	0.060
Supernatant		0.130

Each flask contains 20 μ moles Na pyruvate, 5 μ moles K malate, 100 μ moles glucose, 5 μ moles $MgCl_2$, 0.5mg. yeast hexokinase, 5 μ moles ATP, 30 μ moles phosphate, pH 7.1, 10% BSA, 1 μ moles DPN, 0.5 μ moles cocarboxylase, 0.1 μ moles CoASH, and where indicated ETP 10mg, supernatant 10mg., 0.25moles sucrose to a final volume of 3.2ml. Incubated 37.5°C. O_2 uptake measured by standard Warburg technique.

Influence of Supernatant on the Rate of Oxidation of Fumalate, Citrate, and Isocitrate— In this particular case (Table 22) the supernatant requirement for isocitrate can be replaced by TPN²) (cf. Table 23). Hence isocitric dehydrogenase must

Table 22. Effect of concentration of 1st supernatant on oxidation of pyruvate-malately ETP.

ETP (mg.)	Supernatant (ml.)	μ atoms O/10min.
10	—	1.0
"	0.5 (boild)	1.2
"	0.02	1.6
"	0.1	3.6
"	0.4	6.5
—	1.0	13.0

Manometer contains as in Table 21 (Protein content in supernatant is 10.7mg./ml).

be present in high concentration in the ETP. It must be bore in mind this ETP was prepared wholly by different centrifugation with the use of the alkalic, phosphate or alcohol-phosphate procedures. The observation in the case of isocitrate does not, however, suggest any explanation for the results obtained with malate-pyruvate, other than possibility that supernatant contains condensing enzyme, malic or pyruvic dehydrogenase.

Further Observation on the Effect of Supernatant Fraction on Oxidative Capacity of ETP— A quantity of ETP was prepared from BHM by the phosphate. The isolated ETP was twice washed with sucrose and store. The first supernatant

Table 23. Influence of supernatant on oxidation of fumarate, citrate, isocitrate and pyruvate-malate by ETP.

Fraction	Supernatant	TPN	Substrate	Oxidation (μ atoms O/10min.)
ETP	—	—	Pyruvate-Malate	0.9
"	+	—	"	8.8
"	—	—	Citrate	0.1
"	+	—	"	9.8
"	—	—	Isocitrate	0.3
"	+	—	"	7.3
"	+	+	"	5.6

alone the sedimented ETP was kept and one fraction (200ml.) was saturated with $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$, stirred for one hour, centrifuged, precipitated, suspended in water and dialyzed for 40 hours against distilled water. A second fraction of supernatant was adjusted to pH 7.2 and stored. Another source of supernatant was formed some BHM through the Hughes press. Thus there were four fractions: ETP (28.4mg. protein/ml.), supernatant from Hughes press (3.02mg. protein/ml.), (1) phosphate containing supernatant from ETP (3.06mg. protein/ml.) and ammonium sulphate precipitated from supernatant above (1). Both supernatants were effective in stimulation for pyruvate-malate oxidation and the rate of oxidation independent strictly upon the concentration of added supernatant (cf. Table 22).

Table 24. Influence of supernatant on oxidation by ETP prepared by phosphate procedure.

Fraction	Supernatant		TPN	Substrate	Oxidation (μ atoms O/14 min.)
	Hughes press	Phosphate containing			
ETP	+	—	—	Pyruvate-Malate	13.0
"	—	—	—	"	3.8
"	—	+	—	"	5.0
"	—	+	—	"	8.1*
"	—	—	—	Citrate	0.1
"	—	—	+	"	0.1
"	+	—	+	"	15.1
"	+	—	+	"	13.1
"	—	—	—	Isocitrate	1.6

Each manometer flask contains 6.4mg. ETP, and where indicated 1.0mg. Hughes press supernatant, 0.5mg. phosphate containing supernatant. Another assay conditions as in Table 21.

* Contained 1.0mg. phosphate containing supernatant.

This preparation of ETP unlike the previous one prepared from the Hughes press contains no isocitric dehydrogenase. This may be an important observation in that, the Hughes pressed ETP (no alcohol, no phosphate, no alkalic) contains isocitric dehydrogenase, the phosphate (0.15 M) ETP contains no isocitric, PETP (alcohol-phosphate-cofactor) contains isocitric dehydrogenase—what of ETP? This latter preparation of ETP I would predict to contain isocitric dehydrogenase.

At present these observations are not explicable in simple terms. The ETP

contains high concentration of malic dehydrogenase so that unless the supernatant is supplying pyruvic dehydrogenase which seems unlikely, at this juncture the function of the supernatant is obscure.

The phosphate supernatant which had been precipitated on previous experiment by full saturation with $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, the precipitated collected and dialyzed for 40 hours against water assayed. This supernatant contained only a small amount of activity, most of the activity has been lost during the handling. Likewise dialyzed phosphate supernatant (from standard ETP preparation) was indicated.

A supernatant prepared by homogenizing BHM in the Virtis supernatant was dialyzed over night against distilled water. Dialysis against distilled water results in a distinct reduction in activity but dialyzed material was still highly active. (Table 25).

This minimum blank oxygen would be 2.9 μ atoms O/30 min. for all of the above as ETP alone is capable of such an oxygen uptake. This precipitated dialyzed supernatant activity appears to higher than was suspected on previous experiment (Table 25) with which supernatant prepared by homogenizing BHM in the Virtis blender.

Table 25. Effect of dialyzed supernatant on oxidation of pyruvate-malately ETP.

Conditions		Oxidation (μ atoms O/30min.)
ETP (4.26mg.)		2.9
"	+ 1.0ml. Virtis Super.	29.9
"	+ 0.6ml. "	20.6
"	+ 1.2ml. Dialyzed Super.	10.7
"	+ 0.9ml. "	8.6
"	+ 1.0ml. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ppt. Super.*	8.7

* Ammonium sulphate precipitated phosphate supernatant from standard ETP preparation dialyzed for 40 hours. Virtis super., ca. 8mg. protein/ml.; dialyzed Virtis super. ca. 5mg. protein/ml.

An experiment was carried out on the effect of added TPN on the rate of oxidation of pyruvate-malate in the presence of ETP plus virtis supernatant and ETP plus dialyzed Virtis supernatant. This experiment was an attempt to evaluate the effect of the isocitric dehydrogenase known to be presented in the supernatant.

It was considered that the supernatant could be influencing the rate of pyruvate-malate oxidation by the removal of citrate-isocitrate possibly formed by the ETP and inhibitory the further oxidation of pyruvate-malate as this ETP contains no isocitric dehydrogenase. The experiment was inconclusive, added TPN increasing the rate of oxidation of pyruvate-malate, citrate and isocitrate by ETP-supernatant by some 40—80% in all cases. It was found that if the Virtis supernatant dialyzed against phosphate buffer (0.25M KPO_4 , pH 7.1) then there are no loss in activity. An ammonium sulphate fraction (40—60%) obtained from heart muscle was found to be inactive even up to concentration of 36mg. per manometer cup. Clearly the above supernatant has the capacity to oxidized malate alone without added pyruvate, which suggests an oxidative decarboxylation of malate is occurring. Assay for TPN malic-decarboxylation in the Beckman DU shows concentration of malic carbox. = 0.17 μ mole TPN produced/min./mg. protein.

Location of Pyruvic Dehydrogenase — So far it has not been possible to pin point the location of pyruvic dehydrogenase. The dehydrogenase is present in PETP but with ETP it is necessary to have an aliquot of Virtis supernatant present to

demonstrate any reaction. Both supernatant and ETP contain considerable concentration of malic dehydrogenase (cf. Table 26).

Table 26. Location of pyruvic oxidase.

Fraction	Substrate	m μ atoms CO ₂ /min./mg. protein
ETP	Malate	7
"	Pyruvate	0
"	Pyruvate-Malate	7
Virtis super.	Malate	17
"	Pyruvate	0
"	Pyruvate-Malate	17
ETP-irtis super.	Malate	17
"	Pyruvate	37
"	Pyruvate-Malate	73

Each flask contains 30 μ moles K₃Fe(CN)₆, 40 μ moles NaHCO₃, 20 μ moles MgCl₂, 1 μ mole DPN, 0.1 μ mole CoASH, 10% BSA, 30 μ moles phosphate, pH 7.1, and where indicated 7.0mg. ETP, 3.0mg, Virtis supernatant, 3 μ moles K-L-malate, 20 μ mole Na-pyruvate. Water to final volume of 3.2ml. Incubated 13min. at 38°C. CO₂ uptake measured anaerobically in NaHCO₃ buffer-N₂-CO₂ in the presence of K₃Fe(CN)₆.

This experiment strongly suggests that the pyruvic oxidase has been split into two halves. Malate oxidation rate alone closely approaches that of the pyruvate-malate most probably due to the rapid formation of pyruvate by the malate decarboxylase present in the supernatant. However it seems clear that the pyruvate is being oxidized in addition to malate by ETP plus supernatant. Otherwise supernatant alone would measure the straight decarboxylation of malate. Similarly as the ETP and supernatant contain malic dehydrogenase neither system alone can be capable of oxidizing pyruvate.

Dehydrogenase Composition of ETP and Supernatant—ETP assayed negatively for α -ketoglutarate, glutamate. ETP plus Virtis supernatants were assayed for aerobic activity towards pyruvate, malate, α -ketoglutarate and glutamate (Table 27). Malate was not oxidized in the absence of TPN.

Table 27. Effect of phosphate-ethanol treatment on ETP preparation.

Fraction	Substrate	Oxidation (μ atoms CO ₂ / 5min.)
ETP	α -Ketoglutarate	0.9
"	Pyruvate	0.1
" + Supernatant	α -Ketoglutarate	3.5
" + "	Pyruvate	0.1
Supernatant	α -Ketoglutarate	2.7
"	Pyruvate	0.2

Assay conditions as in Table 6.

Absence of α -Ketoglutaric Dehydrogenase from ETP—ETP prepared in phosphate and ETP isolated during alcohol-phosphate-cofactor-substrate preparation of PETP both contain on α -ketoglutaric dehydrogenase (Table 28). Aerobically rate of α -ketoglutarate¹⁷⁾ with 1.0ml supernatant 3.5mg. and 4.5mg. ETP lost on ETP

protein rate was 0.101 μ atoms O/min./mg. protein, *R. Q.* for α -ketoglutarate in the

Table 28. Effect of phosphaite treatment on oxidative phosphorylation by residue and ETP.

Fraction	Oxidation (μ atoms O/min/mg. protein)	P/O
BHM	0.095	0.24
Residue 1	0.013	0.51
Residue 2	0.014	1.51
ETP	0.004	0

BHM—Three times washed with sucrose, 4.4mg./ml.

Residue 1—BHM blending in Virtis blender for 4 min. in the absence of phosphate then fractionated into a residue, 10.9mg. protein/ml.

Residue 2—BHM blended in Virtis blender for 4 min., then homogenized in 0.15M KPO_4 , pH 7.1 then fractionated into a residue, 10.8mg. protein/ml.

ETP—Prepared from Residue 2, 13.2mg. protein/ml.

Substrate—Malate-Pyruvate, another assay condition as in Table 24.

presence of ETP plus supernatant was 1.14 $\left(\frac{27.7 \mu\text{l CO}_2}{24.2 \mu\text{l O}_2} \right)$, these changes observed over a time period of 22min.

Distribution of Dehydrogenase in Residue, ETP and Soluble — Probably the most significant observations were: 1) blending of the BHM which producing considerable quantities of soluble dehydrogenase⁸⁾ does not result in the initial complete solubilization of these dehydrogenases observed when phosphate (0.15M KPO_4) is added either after blending or before comming blend the BHM suspension. 2) no ETP particles which are produced except in the presence of phosphate could perhaps be accounted for in term of splitting out phospholipid;— the lipid content of supernatant (S_1) was 14.7% while that of (S_2) was 15.4%. This represents no significant difference, the method of analysis could not distinguish a 10% difference between values. Perhaps same types of salts linkage is involved in the disintegration of the residue.

Table 29. Dehydrogenase composition of ETP and supernatant.

Substrate	DPN	Oxidation (μ atoms O/min/mg. protein)
α -Ketoglutarate	—	0.0672
Glutamate	—	0.193
Oxaloacetate	—	0
Oxaloacetate-Pyruvate	—	0
Malate	—	0
Malate-Pyruvate	+	0.460
Malate	+	0.460

Each flask contains 4.5mg. ETP—3.5mg. Virtis supernatant, 100 μ moles glucose, 5 μ moles MgCl_2 , 0.5mg. yeast hexokinase, 5 μ moles ATP, 0.5 μ moles cocarboxylase, 0.1 μ moles CoASH , and where indicated 20 μ moles K α -ketoglutarate, 50 μ moles oxaloacetate, 5 μ moles K-malate, 20 μ moles Na-pyruvate, 1 μ mole TPN, 0.25 M sucrose to a final volume of 3.2ml. Incubated 30 min. at 37.5°C. O_2 uptake measured by standard Warburg technique.

In view of the markedly difference dehydrogenase content of R_1 (residue) and R_2

the oxidation and phosphorylative activity of similar freshly prepared fractions were compared as shown in Table 29. The above results are an experiments carried out previously. However, it was not expected to find residue (R_1) and (R_2) with identical oxygen rate nor (R_2) to show twice the phosphorylative activity of (R_1) the experiment was repeated. Another experiments give the identical rate to these recorded above for both oxidation of dehydrogenase in (R_1) they are not capable of reaction with oxygen. The other interesting point is the greater phosphorylative activity of (R_2) compared with (R_1). ETP still present in the no phosphate treated (R_1), appears to be so much dead wood.

III. Conditions of Recovery to Detach the Pyridino-protein

New Procedure for the Separation of BHM Types or Fragments—Heparin has been recently reported as an effective agent for the dispersal of morphological entities of the liver. Electron micrographs of BHM²⁰ currently in use show that these preparations are gross mixture of mitochondrial type and fragments. Heparin (0.035%) or sucrose 0.25M was used in an attempt to separate some of these types.

Fresh non frozen BHM were separated into heavy and light mitochondria by the usual *tris*-sucrose technique. The light mitochondria where then homogenized in sucrose-heparin and centrifuged for 5 min. at 15,000 rpm. Three fractions were separated and assayed for DPNH-cytochrom c oxidase, and oxidative phosphorylation (Table 30, and 31).

Table 30. Oxidative phosphorylation by different BHM types.

Fraction	Cofactor	P/O	Oxidation (μ atoms O/min./mg. Protein)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg. Protein)
Bottom layer	—	2.48	0.250	0.633
"	+			
Middle layer	—	2.55	0.255	0.395
"	+	2.22	0.207	0.460
Upper layer	—	1.67	0.016	0.026
"	+	0.72	0.041	0.030

Each manometer contains 6N KOH 0.2ml., 100 μ moles glucose, 5 μ moles $MgCl_2$, 0.5mg. yeast hexokinase, 5 μ moles ATP, 30 μ moles phosphate, pH 7.1, 10% BSA, where added substrates were pyruvate 20 μ moles, malte 5 μ moles, CoA 0.1 μ mole, DPN 1 μ mole, GSH 1 μ mole, cocarboxylase 0.5 μ mole, and cofactor mixture (as in Table 2) 0.5ml. then sucrose to 3.2ml.

Table 31. DPNH-cytochrome oxidase activity by different BHM type.

Fraction	DPNH-Cytochrom C Oxidase Rate	
	no cytochrom c	cytochrom c (added)
Bottom layer	0.34	0.43
Middle layer	1.44	1.90
Upper layer	3.00	3.96

Assayed at 38°C and pH 7.4 with or without the addition of 0.1mg. cytochrom c in a total volume of 1.0ml. 0.2ml. KPO_4 0.2M 0.01ml. versene 0.01M 0.04ml. DPNH 0.2%, 0.01ml. cytochrom c. Enzyme (10—20mg.) about 2 O.D change ca. 0.040 per min. with no added cytochrom c, added cytochrom c increases rate 2—4 X. Measurement at 340 μ . All rates are expressed as μ moles DPNH oxidized min/mg. protein $\left(= \frac{\text{O.D change/min. mg. protein}}{6.2} \right)$.

Activity and Yield of PETP from Different Mitochondrial Types—Using the sucrose-tris procedure BHM were separated into three fractions heavy, medium and light BHM. The attempt to prepare PETP from all three fractions was then made (Table 32). All three mitochondrial fractions phosphorylated at a rapid rate more than 0.350 μ moles P/min./mg. protein and give P/O ratios less than 2.3.

Table 32. The yield of PETP from different mitochondria type.

	Original			Residue				PETP			
	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total Protein (mg.)	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total Protein (mg.)	%	Vol. (ml.)	Protein (mg./ml.)	Total Protein (mg.)	%
1#	26	10.7	278	12	18.8	226	82	3.0	7.4	22	8
2#	26	13.9	361	12	23.9	287	80	4.6	11.9	55	16
3#	26	20.4	540	13	24.2	315	60	8.6	17.6	152	29

1# Heavy BHM, 2# Medium BHM, 3# Light BHM.

Attempted Conversion of Heavy Beef Heart Mitochondria to Light Mitochondria—It appears that only what may be denoted "medium" and "light" BHM are capable of yielding PETP-ETP. The question arises as to what is the origin of light and medium BHM. Taking oxidative phosphorylation as an index "intactness" HBHM would be closest to native BHM.

It seems likely that HBHM are converted to light and medium BHM either by specialized mechanical change or enzymically. The mechanical damage appears to be specific as it is so far impossible to duplicate the damage using isolated HBHM. Blending, freezing and thawing and treatment with distilled water does not convert HBHM to medium or light. Blending up the heart tissue in Potter-Elvehjem type homogenizer would not be as severe as blending tissue. Indeed it is assumed that the Potter-Elvehjem type homogenizer in view of previous observations with other tissues could not mechanically damage the BHM. These two methods of disintegrating tissues were compared.

To examine possible enzyme conversion of heavy—medium—light, minced heart muscles were, allowed to autolyze for 24 hours at 5°C and 48 hours at 5°C then 2 hours at 23°C BHM isolated from fresh tissue and compared with BHM isolated from fresh tissue. Also the minced heart muscle was homogenized in Potter-Elvehjem and allowed to stand 4 hours at 5°C then BHM isolated. The experiment may be conclusive that 1) the P.-E. type homogenizer has no advantage over the blender. The BHM obtained with either piece of apparatus has the same particle to yield ETP. 2) ETP does not appear to arise enzymically autolysis in whole tissue or homogenates does not effect ETP yield. 3) It would appear that as the tissue is disintegrated by either the homogenized or the blender the BHM are evidently two from between the muscle fibrils, and mitochondria.

Effect of Cholate on Phosphorylation, and Oxidation by HBHM—As a preliminary to study of conditions recovery to detach the pyridino-proteins from the heme chain the effect of different cholate concentrations on oxidation and phosphorylation were examined (Table 33).

Using a level of cholate which did not affect phosphorylation *viz.*, 0.2mg. protein, the effect of varying salt concentrations was examined. HBHM (7.5ml.) plus 3.5 mg.

Table 33. Effect of different cholate concentration on oxidation and phosphorylation by BHM.

Cholate (mg.)	P/O	Oxidation (μ atoms O/min./mg. protein)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg. protein)
0	2.70	0.264	0.0560
0.5	2.48	0.216	0.487
1.0	0.69	0.107	0.074
3.0	—	0.077	0
4.5	—	0.058	0

Each manometer contains 2.9 mg. BHM 0.2 ml. 6N KOH, 0.5 ml. cofactor mixtuer (1 μ mole DPN, 0.5 μ mole DPT, 0.1 μ mole CoASH), 0.5 ml. of (100 μ moles glucose, 5 μ moles $MgCl_2$, 0.5 mg. yeast hexokinase, 5 μ moles ATP, 30 μ moles phosphate, (pH 7.1), 0.1 ml. KPO_4 , pH 5.0, K L-malate 5 μ moles, Na-pyruvate 20 μ moles, and where indicated cholate. Incubated 30 min. at 37.5°C. O_2 uptake measured by standard Warburg technique. Phosphate determined by method of Fisk and Subbarow.

Na-cholate (3 mg./ml.) then prepared following:-

- 1) as above + 0.9 ml. 0.5M KPO_4 , pH 7.0, sucrose to 30 ml.
- 2) as above + 3.0 ml. "
- 3) as above + 9.9 ml. "

This procedure very clearly split the material into 3 distinct fractions at phosphate 9.5 ml. 0.5M. The block pellet which virtually exclusively constituted the residue while evident to same extent in 1) and 2) appeared to have been quantitatively split out from 3). The oxidative and phosphorylative activity of these fractions were determined (Table 34). Above assay in the presence of BSA and serum albumine

Table 34. Effect of cholate treatment in the presence of cofactor-substrate on oxidative phosphorylation by residue material.

Fraction	Oxidation (μ atoms O/min./mg. protein)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg. protein)	P/O
Residue 1#	0.143	0.277	1.92
Residue 2#	0.127	0.127	1.00
Residue 2#-dark residue	0.150	0.174	1.16

1#, made to 30 ml. with sucrose, 2#, 4.5 ml cholate (20 mg./ml.) added, made to 30 ml. with sucrose. During fractionation the small dark tightly packed bottom was separated from 2# and made up 4.0 ml. This does not estimate for protein, both residue 1# and (which must be merely washed HBHM) and 2# was washed 3 times with sucrose.

Two 30 ml. tubes were made up to contain the PETP, cofactor (0.5M KPO_4 , 90% ethanol, 0.5M versene, pH 7.0 $MgCl_2$ 0.1%, 0.1M ATP, 0.5M Na pyruvate, 0.5M K L-malate, CoASH 1 mg./ml., 0.1M DPN, 0.1M GSH, cocarboxylase 0.05M and substrate mixture. BHM to 15 mg./ml., 500 μ moles KPO_4 , pH 7.0.

these procedure compared with previous assay lead to substantial losses in oxidative and phosphorylative activity. The effect of similar treatment in the presence of cofactor substrate were determined.

HBHM seems to undergo some change during the washing the oxidative activity at this stage being near halved so it the phosphorylation. Cofactor and substrate do not appear to protect residue (1) from loss of phosphorylative activity during this procedure.

Effect of Phosphate on the Phosphorylative Activity of HBHM—Table 35

shows that residue (2) (67 μ moles phosphate/15mg. protein/3mg. cholate) is essentially devoided of phosphorylative activity, whereas residue (1) (16 μ moles phosphate/15mg. protein/3mg. cholate), contains a considerable amount of phosphorylative activity. The dialyzed supernatant has somehow picked up an inhibitor the non-dialyzed supernatant appeared to neither inhibit or stimulate oxidative phosphorylation was increased some 40 percent.

Table 35. Effect of phosphate on the phosphorylation by HBHM.

Condition	ΔO (μ atoms)	ΔP (μ moles)	P/O
Residue 1#	6.1	6.84	1.02
Residue 1# + no dialyzed super. 0.5ml.	9.1	6.98	0.77
Residue 1# + dialyzed super. 0.5ml.	10.86	4.01	0.37
Residue 1# + dialyzed super. 1.0ml.	11.25	0	0
Residue 1# + boiled dialyzed super. 1.0ml.	0	0	0
Residue 2#	8.08	1.77	0
Residue 2# + dialyzed super. 1.0ml.	10.46	0	0

PETP mixture + 4.0ml. cofactor mixture + HBHM 15mg./ml. volume to be 30ml.

1# as above—80mg. Na-cholate + 500 μ moles KPO_4 , pH 7.0

2# as above—for 1# except + 2000 μ moles KPO_4 , pH 7.0.

After separation of the supernatants both residues were twice washed with PETP cofactor mixture due to cysteine which reduces Cu to CuO_2 . Residues were frozen over night then assayed, supernatants were dialyzed over night against water plus 10ml. conc. solution of PVP.

Effect of Phosphate Concentration on Activity of Dilute HBHM Suspension—

If the results obtained with 1 mg. protein/0.2mg. cholate/25 μ moles KPO_4 /ml. can be equated with 15mg. protein/3mg. cholate/25 μ moles KPO_4 /ml. appreciable protein solubilization will have taken place (< 3 %). To examine this possibility and note the effect of solubilized material: 2.5ml. 0.1M $MgCl_2$, 50ml. 1.0M glucose, 25ml. 0.1M ATP, 35ml. 0.5M KPO_3 , pH 7.1 added 250mg. dialyzed hexokinase, sucrose to 250ml., 2.5ml.—(CoASH 20ml. 1mg./ml., DPN 0.1M 20ml., water to 30ml.), 0.5ml 0.1M pyruvate, 0.4ml. 0.01M malate, 2.6ml. cholate (20mg./ml), 0.065ml. KPO_4 0.5M, pH 7.0. mixture homogenized, halved and centrifuged for 5 min. at 15,000rpm. The

Table 36. Effect of phosphate concentration in activity of diluted BHM suspension.

Fraction	Oxidation (μ atoms O/min./mg.)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg.)	P/O
1	0.147	0.271	1.87
2	0.160	0.290	1.85
3	0.162	0.282	1.73
4	0.115	0.035	0.30
5	0.114	0	0

Fraction 1; control sample, precipitated from mg. HBHM/0.2mg. cholate/ KPO_4 25 μ moles/ml. 2#; control sample centrifuged resuspended in own supernatant 3#; control sample centrifuged, supernatant discard, sediments resuspended in fresh coenzyme-cofactor-cholate-subsstrate solution. 4#; 14mg. HBHM/3mg. cholate/25 μ moles KPO_4 /ml., centrifuged resuspended in own supernatant 5#; 15mg. HBHM/3mg. cholate/25 μ moles KPO_4 /ml., centrifuged, supernatant discard. Sediments resuspended in fresh coenzyme-cofactor-cholate-subsstrate solution.

residue of one half has been resuspended in the supernatant, while the residue of the second was suspended in sucrose. The two samples were assayed, 0.2ml. aliquots added to manometer containing standard solutions, zero time phosphates were determined (Table 36).

Six ml. of samples mixture, 6.0ml. coenzyme mixture as described in previous experiment, 6.0ml. 0.1M KPO_4 pH 7.0, 4.8ml. 0.1M pyruvate, 2.4ml. 0.005M malate, 0.2ml. 0.005M versene, 0.024ml. 0.2M sucrose, 12.6ml. Na-cholate (20mg./ml.), 0.23ml. mix, remove 6.5ml added 6.5ml. HBHM (30mg. protein/ml.). To two spinco tube, and 6.5 ml. centrifuge, resuspended one residue in its supernatant resuspended other in the fresh cholate-substrate-cofactor solution 2.8ml. aliquots precipitated into manometer containing 0.2ml. 10% BSA, zero time phosphates were determined (Table 37).

Clearly the results obtained with dilute protein solutions can not be equated with more concentration of protein solutions. In dilute solution 1 mg. protein—0.2mg. cholate—25 μ moles KPO_4 /ml. little or no damage results from the presence of cholate and phosphate. If the protein concentration and cholate concentration are increased 15 times per ml. extensive protein solubilization takes place with abolition of phosphorylation and some 40 percent reduction in oxidation.

Table 37. Effect of cholate-phosphate-alcohol on oxidative phosphorylation by HBHM fragments.

Fraction	Ethanol	Cholate	Phosphate	P	μ atoms O/min./mg.	P/O
HBHM	—	—	—	22.5	0.114	2.17
"	+	+	—	21.2	0.109	2.15
"	+	+	—	0	0	—
"	+	+	+	0	0.045	—
HBHM(centrifuged)	+	+	+	0	0.044	—
Super. sucrose washed with residue	+	+	+	0	0.044	—

Fraction—5.3mg HBHM (30mg./ml) + 2.1ml., 0.5M KPO_4 , pH7.0, 1.5ml. Cholate (20mg./ml.), 0.2ml. K L-malate 0.05M, 0.2ml. Na-pyruvate 0.5M, 0.5ml. coenzyme mixture, 0.5 ml. cofactor mixture, 0.05ml. versene 0.5M, 1.1ml. ethanol 95%, this mixture was homogenized 0.2ml. aliquot removed for estimation, the rest was halved and centrifuged. One lot of residue was resuspended in this own supernatant, the second residue was washed with sucrose then assayed.

The Fragmentation of HBHM in Presence of Cholate-Phosphate-Alcohol—

In the presence of 10% ethanol very high concentration of phosphate is required to fragment the HBHM. Below 75 μ moles there is no significant protein solubilization.

The ethanol used in experiment (Table 38) has some effect on presencing the oxidative capacity of cholate-phosphate treated mitochondria but it does not contribute to preservation of phosphorylative activity. Interesting to note that ethanol does not inhibit phosphorylation or oxidation at a concentration of 330 μ moles/manometer cup.

It would be appeared from the results of Table 37 and 38 tha two different batches of HBHM differ in the easy with which they can be degraded with cholate-phosphate solution. The HBHM prepared in Table 37 are very dark in color, are comparatively easily disintegrated in cholate-phosphate treatment of the HBHM retain much of their oxidation and phosphorylative activity. However the HBIIM prepared in Table 38 are much lighter in color, do not split out a small dark-brown to black pellet as did preparation in Table 36, and are comparatively resistant to cholate-

phosphate solution. The levels of cholate-phosphate required to solubilize some of the protein HBHM in Table 36 read to a complete loss of phosphorylative activity and marked reduced of oxidative activity.

Table 38. Effect of alkaline extract on oxidation and phosphorylation by HBHM.

Condition	Oxidation (μ atoms O/min./mg.)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg.)	P/O
HBHM*	0.121	0.179	1.48
HBHM+0.5ml. alkaline extract of alcohol-PO ₄ contented BHM	0.141	0.150	1.03
HBHM**+1.0ml. alkaline extract of alcohol+PO ₄ contented BHM	0.176	0.114	0.65
HBHM+0.5ml. alkaline extract of BHM	0.167	0.117	0.70
HBHM***	0.118	0.222	1.88
HBHM+1.0ml. alkaline extract of alcohol +PO ₄ contented BHM	0.213	0.230	1.07

HBHM*+1.0ml. alkaline extract of alcohol-phosphate contented BHM.

HBHM**+34.7mg./ml. HBHM+0.5ml. Na-cholate (20mg./ml.)+1.5ml. 0.1M BHM+KPO₄ pH 7.0, sucrose to 4.0ml.

HBHM***+as for HBHM except 0.4ml. 0.1M KPO₄ pH 7.0.

Alkaline extract was prepared with divided following fractions:— one was a pH 11.0 extract of BHM, the other a pH 11.0 extract BHM which had prior to alkaline treatment been extracted twice with alcohol-phosphate.

The first supernatant obtained from HBHM in alcohol-phosphate-cofactor then centrifuged was dialyzed for 18 hours. The dialyzed solution was added back to residue (3) and oxidative phosphorylation rates were determined. The supernatant was found to increase the rate of oxidation of pyruvate-malate but there was no phosphorylation by the residue above or residue plus dialyzed supernatant.

HBHM degraded with cholate (0.2mg. protein/ml.) plus phosphate (560 μ moles/ml.) in the presence of cofactor mixture (DPN, CoASH, GSH, cocarboxylase), MgCl₂, pyruvate-malate, versene retained more of the oxidative capacity. If the HBHM are incubated for a short period at 38°C in the absence of substrate then they degrade more readily on subsequent treatment with cholate-phosphate and versene can protect against this effect if present when HBHM are incubated at 38°C.

Further Studies on the Effect of Cholate on HBHM— Previously some suggestion of a factor(s) present in an alkaline extract of BHM residue stimulating the rate of phosphorylation in PETP has been obtained. The effect was only marginal but consistent. It was considered that perhaps PETP was the wrong assay system in so far as oxidation cannot be greatly increased as the dehydrogenases are limiting and phosphorylation can be only increased within the range 2–3 as the ratio is near optimal. A possible better system was considered to be one of the fractions (HBHM-Na-cholate-KPO₄, pH 7.0, 2.0ml.—sucrose to 4.0ml.) are showing ratios below theoretical (0.032 μ atoms O/min./mg. protein, 0.020 μ moles P/min./mg. protein).

Effect on Alkaline Extract on HBHM— Preparation of alkaline supernatant; a sample of washed HBHM and BHM were made up in sucrose to approximately 40mg./ml. and then pH of the samples adjusted to 11.0. When the pH remained constant the samples are centrifuged. The neutralized supernatant constitutes the so-called alkaline supernatant.

The inhibition of phosphorylation only alkaline extracts of BHM and failure to observe the expected increase in phosphorylation may be due to the starting material used to prepare the extract. Previously where activations were observed in residue was used as the sucrose material. Alkaline extracts of BHM and residue were estimated for their effect. Clearly an inhibitor of phosphorylation present in extract of BHM. If BHM are first extracted with alcohol-phosphate as in or ETP the inhibitor is either destroyed as extract. The alcohol-phosphate residue extracted at pH 11.0 shows some marginal stimulation of phosphorylation. The effect of the alkaline extract on preparation was examined (Table 38).

Two alkaline extracts were assayed; one was pH 11.0 extracted of BHM, the other a pH 11.0 extract BHM which had prior to alkaline treatment been extracted twice with alcohol-phosphate. No oxidation is detected under measuring oxygen uptake with supernatant plus 3# and 5# in the absence of added substrate. The above supernatants contain no appreciable quantities of malic or isocitric dehydrogenase and malate alone is not oxidized by that supernatant plus 5#; the alkaline extract of whole BHM more so than the other supernatant. The above results show both supernatants inhibit fraction 5#; Both supernatants while effective to some extent against 3# are less so than 5# (cf. Table 38).

Table 39. Effect of TPN on oxidation and phosphorylation by HBHM in the presence of alkaline supernatant.

Fraction	Boiled Alkaline	Extract	TPN	Oxidation (μ moles O/min./mg.)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg.)	P/O
HBHM*	—	—	—	0.076	0.109	1.43
"	+	—	—	0.086	0.148	1.72
"	+	+	+	0.100	0.121	1.12

*HBHM added Na-cholate (20 μ moles/ml.)—0.5ml, 0.1mole KPO_4 , pH 7.0 sucrose to 4.0ml.

The pH 11.0 alkaline extract containing both activator and inhibitor was dialyzed for 48 hours against two changes of 0.005M *tris* pH 7.4, in the ratio of 20ml. of extract to 7l of *tris* solution. Frozen alkaline extract (0.8ml.) is equivalent to 1.3ml. dialyzed extract on a volume basis. The dialyzed extract almost completely inhibits phosphorylation. It is noteworthy that the boiled dialyzed solution, is still inhibitory but not to such an extent as the non-boiled material which suggests that boiling does not completely destroy the inhibitor, so that stimulation of phosphorylation by boiled material may be regarded as minimal.

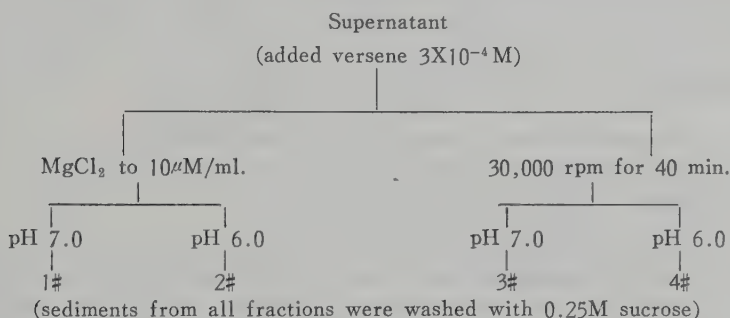
The possibility was considered that stimulation of phosphorylation by the alkaline extract might be due to presence of TPNH in the extract. This was shown as in Table 39, TPN inhibited phosphorylation by some 40%. The presence of alkaline supernatant served partially reverse this inhibition.

IV. Nature of Linkage of Pyridino-protein to Electron Transport System

The present work is concerned with the linkages by which the pyridino-protein enzymes are bound to the electron transport system in phosphorylating beef heart mitochondria (BHM). Oxidative phosphorylation is abolished whenever the BHM are fragmented by any procedure which leads to the solubilization of the pyridino-protein. Mechanical damage to the BHM, induced by a high speed Virtis blender, in the

presence of phosphate leads to essentially complete solubilization of the malic and isocitric dehydrogenases. The α -ketoglutaric, glutamic and pyruvic dehydrogenase are solubilized but to a less extent. In the absence of phosphate during the blending a large portion of the pyridino-protein dehydrogenases remain associated with the particulate fraction. BHM have been disintegrated by a variety of procedures to determine some of the factors governing the association of pyridino-protein enzymes with the fragmented particles.

Experimental 1 — Blending in Waring blender for 3 min. heart mince suspended in 4 vol. 0.02M KPO_4 , pH 7.4, centrifuged for 10 min. at 20,000 g. supernatant row pH 6.9 adjusted to 7.4 and centrifuge for 10 min. at 30,000 rpm, recovered supernatant was optically clear or near so, devoid of visible particle.

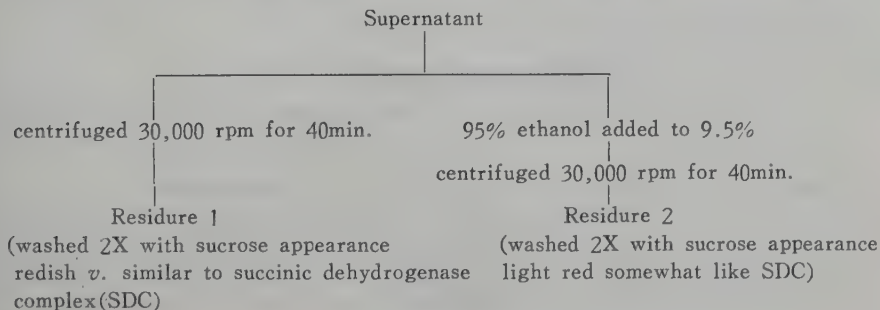


Enzyme assay

Fractions	Malic Dehydrogenase ($\mu\text{M DPNH oxidized/min./mg.}$)	α -Ketoglutaric Dehydrogenase ($\mu\text{MCO}_2/\text{min./mg.}$)	Pyruvic Dehydrogenase ($\mu\text{MCO}_2/\text{min./mg.}$)
1#	3.20	0.138	0.024
2#	0.30	0.124	0.026
3#	3.29	0.127	0.022
4#	1.76	0.124	0.018

None of the preparations contained any DPNH oxidase.

Experimental 2 — Heart muscle minced suspended in 30 vol. 0.02 M KPO_4 , pH 7.4—0.004M versene. Waring blender was filled to include all air and then the suspension was blended for 5 min. Suspension centrifuged for 10 min. at 2000g. residue discarded, then supernatant centrifuged for 5 min. at 30,000 rpm, residue discarded.



Enzyme assay

	α -Ketoglutaric D. (μ M CO_2 / min./mg.)	Pyruvic D. (μ M CO_2 / min./mg.)	Pyruvic-Malic D. (μ atome O/ min./mg.)	Succinic D. (μ M CO_2 / min./mg.)	Malic D. (μ M DPNH/ min./mg.)
Residue 1	0.048	0.012	0.017	0.408	4.3
Residue 2	0.029	0.005	0.005	0.349	—

This experiment does not represent a fair test of the use of ethanol in this procedure as it was found after the addition of the ethanol the temperature was -10° . The presence of an active succinoxidase⁹⁾ and DPNH oxidase is most probably due to employing too short a period of centrifugation at 30,000rpm for the preparation of the starting supernatant. The use of versene might also be a contributing factor in terms of preventing oxidation of nital ligands holding the dehydrogenase complex to the heme chain. Aeration with or without versene may be an important factor.

Experimental 3 — Heart muscle minced suspended in 4 vol. of 0.02M KPO_4 pH 7.4

a) suspension blended for 3 min. (600ml. in 1L Waring blender)

b) versene added to 2×10^{-4} M to 600ml. suspension then blended for 3 min. in 1L.

c) versene added to 3×10^{-4} M to 600ml. suspension then blended for 3 min. in 1L so that blender filled to capacity with no air space.

d) 1000ml. suspension blended for 3 min. Blender filled to capacity with no air space

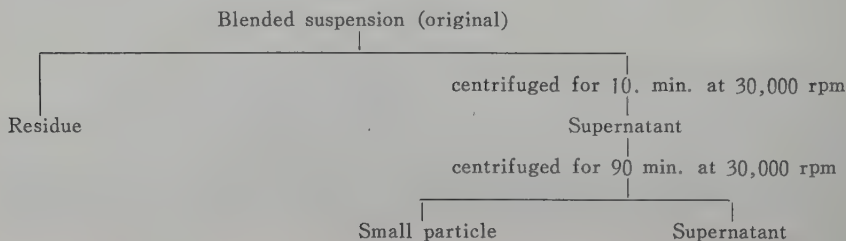
(a) (b) (c) (d) centrifuged for 15min. at 30,000 rpm. Supernatant centrifuged for 10min. at 30,000 rpm, pH of supernatant 7.0 versene added to (a) and (b) to 2×10^{-4} M.

Supernatants centrifuged for 60min. at 30,000 rpm. Residue collected and washed once with 20ml. 0.02M KPO_4 pH 7.4 at 40,000 rpm for 60min.

Enzyme assay

	Malic D. (μ M DPNH/min./mg.)	α -Ketoglutaric D. (μ M CO_2 /min./mg.)	Pyruvic D. (μ M CO_2 /min./mg.)
(a) $\frac{2}{3}$ full	1.34	0.101	0.023
(b) $\frac{2}{3}$ full+versene	0.94	0.153	0.019
(c) full	2.56	0.160	0.019
(d) full+versene	1.32	0.151	0.021

Experimental 4 — Pooled aged HBHM were 2X washed with sucrose then suspended in 0.02M KPO_4 , pH 7.4— 10^{-4} M versene. The suspension contained 25mg. protein/ml.; this material was blended for 3 min. in the Virtis blender (cup full to capacity) with the reostat set on 85.



Enzyme assay

	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.
Original	0.060	0.013
Small particle	0.150	0.024
Supernatant	0.108*	0.028

*These figures are questionable as rate of CO_2 evolution decreased *v.* rapidly (halved) after first 3 min. The supernatant plus small particle showed a finer rate of CO_2 evolution and the rates were additive.

	Macli D.	Isocitric D.
Original	6.19	0.47
Small particle	5.53	0.64
Supernatant	53.5	1.30

Experimental 5 — Whole mitochondrial suspension in 0.02M KPO_4 pH 7.8+3X 10^{-4} M versene blended for 3 min. in Virtis blender, with the cup of the blender filled to capacity. Blended suspension centrifuged for 2 min. at 30,000 rpm, residue discarded, supernatant then fractionated as shown.

Supernatant				
15min. at 30,000 rpm				
Residue "ETP"		Supernatant		
washed once with 0.02 M KPO ₄		adjusted to pH 6.0		
pH 7.8 (R ₁)				
Ethanol to 15% added		Centrifuged at		
centrifuged at 30,000 rpm		40,000 rpm for 60 min.		
(R ₂)		(R ₃)		
Enzyme assay				
	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	Succinic D.	Isocitric D.
R ₁	0.032	0.119	2.22	—
R ₂	0.008	0.024	0.11	0.44
R ₃	2.12	0.018	0.018	—
	Malic D.	β -Hydroxybutyric D.	Bounded DPN	Ribose(RNA detn.)
			(μ M/mg. protein)	
R ₁	—	—	—	—
R ₂	3.49	0.07	0.5	7.01
R ₃	—	—	—	—

Experimental 6 — Washed BHM suspended in 0.02 M KPO_4 pH 7.8 blended for 3 min. in Virtis blender; reostat set on 85, Virtis cups filled to capacity. Blended suspension, centrifuged for 5 min. at 30,000 rpm residue discard. Supernatant pH 7.4 adjusted to pH 7.9, centrifuged for 20min. at 30,000 rpm, residue discard.

Supernatant	
adjusted to pH 7.0 ethanol to 30% added at 30,000 rpm	
(R_1)	(R_2)
(washed with 30ml. H_2O -2ml., 0.02M KPO_4 , pH 7.4)	Supernatant adjusted pH 6.0 ethanol to 15% added centrifuged for 5 min. at 30,000 rpm (washed with 30ml. H_2O -2ml. 0.02M KPO_4 , pH 7.4)

Enzyme assay

	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	Lipid analysis
R ₁	0.120	0.016	20.5 (%)
R ₂	0.083	0.013	14.4

Experimental 7 — Washed BIIM suspended in 0.02M KPO₄, pH7.0 blended for 3 min. in Virtis blender; reostat set on 85, Virtis cups filled to capacity. Blended suspension, centrifuged for 5 min. at 30,000 rpm residue discard. Supernatant pH 7.4 adjusted to pH 7.9, centrifuged for 20min. at 30,000 rpm, residue discard.

Supernatant

adjusted to pH 7.0
ethanol to 30% added centrifuged
for 5 min. at 30,000 rpm.

R₁

(washed with 30ml. H₂O-2ml.
0.02M KPO₄ pH7.4)

adjusted to pH 6.0
ethanol to 15% added centrifuged
for 5 min. at 30,000rpm.

R₂

(washed with 30ml.-2ml
0.02M KPO₄, pH 7.4)

Enzyme assay

	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	Lipid analysis (%)
R ₁	0.083	0.013	14.4
R ₂	0.120	0.016	25.0

Experimental 8 — BIIM suspended in 0.25 M sucrose-3X10⁻⁴ versene, pH adjusted to 7.9. Suspension blended for 3 min. in Virtis blender cup full to capacity. Suspension centrifuged for 2 min. at 30,000 rpm then for 30 min. at 30,000 rpm. Residue discard in each time.

Supernatant

NH₃(NH)₄ SO₄ pH 7.3
added to 50% saturated
(washed for 75min. at
40,000 rpm with sucrose,
0.25M. This length of
centrifugation was necessary
material loosely packed)

R₁

Adjusted to pH 7.0 ethanol
to 3.3% added (washed with
0.25M sucrose for 15 min. at
40,000 rpm, most material
sedimented *ca.* 80%. Further
20% sedimented by 60min. at
40,000rpm)

R₂

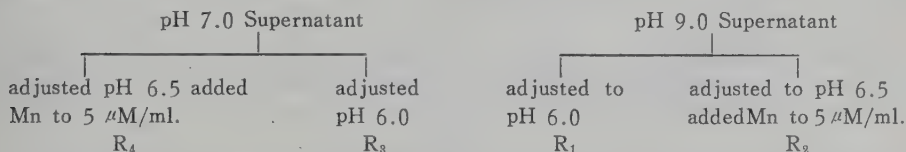
pH adjusted to 6.0
ethanol to 15% added
(washed once with
0.25M sucrose for 15
min. at 40,000rpm)

R₃

Enzyme assay

	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	Succinoxidase (in O ₂ with cytochrom c)
R ₁	0.132	0.055	1.200
R ₂	0.094	0.025	0.423
R ₃	0.120	0.019	0.323

Experimental 9 — Washed BHM suspended in sucrose. suspension *ca.* 25mg./ml. Versene to $5 \times 10^{-3} \text{M}$ added Suspension halved and adjusted to pH 9.0 and 7.5. Suspension blended for 3 min. in Virtis blender, reostat on 85. Suspension spin for 10min. at 30,000rpm then 45min. at 30,000 rpm, residue discard.



(centrifuged for 30min. at 30,000rpm)

Washed all 60min. at 40,000 rpm. Material did not wash readily, this period of centrifugation was necessary.

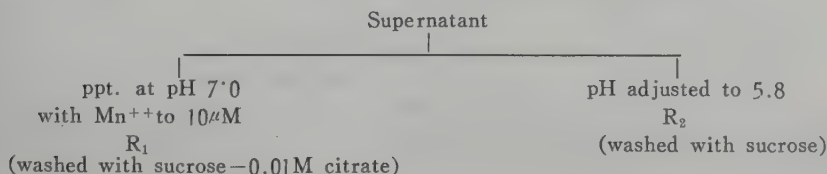
Enzyme assay			
	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	RNA (Ribose $\mu\text{g./mg.}$ protein)
R ₁	0.063	0.010	—
R ₂	0.112	0.014	—
R ₃	0.113	0.019	2.2
R ₄	0.190	0.116	3.6

Experimental 10 — Washed BHM suspended in 0.25M sucrose— $5 \times 10^{-3} \text{M}$ versene. Suspension blended for 3 min. in Virtis reostat setting 85, cups full. Suspension centrifuged for 5 min. at 30,000 rpm then 30min. at 30,000 rpm, residue discarded. To the final supernatant adjusted to pH 6.3, MnCl_2 to $10 \mu\text{M/ml.}$ was added. This precipitate, was collected by centrifugation for 1 min. at 30,000 rpm. In an attempt precipitate to remove the Mn^{++} from the precipitate, the precipitate was washed with 0.08M versene by centrifugation for 60 min. at 40,000 rpm. Much of the precipitate dissolved. The washed particles are here denoted R₁ and the supernatant washing R₁ Supernatant.

Enzyme assay					
	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.	Malic D.	RNA (ribose $\mu\text{g./mg.}$)	Succinic D. DPN ($\text{m}\mu\text{M./mg.}$)
R ₁	0.212	0.029	0.78	3.9	0.292
R ₁ Supernatant	0.018	0.009	7.38	4.5	—

Experimental 11 — BHM in 0.25M sucrose+ $2 \times 10^{-5} \text{M}$ sucrose+ $3 \mu\text{M}$ pyruvate/ml. + $1 \mu\text{M}$ malate/ml, ATP $2 \times 10^{-4} \text{M}$, DPN $1 \mu\text{M/ml.}$ 20ml. cofactor mixture (CoA 1mg./ml, 0.1M DPN, GSH 0.1M, cocarboxylase 0.005M) blended for 3 min. in Virtis reostat 85, cups full.

Centrifuged for 10min. at 30,000 rpm, supernatant sufficiently clear did not centrifuge again.



		Enzyme assay		
α -Ketoglutaric D.		Pyruvic D.	Succinic D.	DPN
		(m μ M/mg. protein)		
R ₁	0.134	0.222	0.253	—
R ₂	0.121	0.026	0.386	0.54

The Mn⁺⁺ particle R₁¹³⁾ washed with 0.01M citrate-sucrose does not, unlike the Mn⁺⁺ particle washed with 0.008M versene, show a significant increase in concentration of α -ketoglutarate and pyruvate over the pH 6.0 particle.

Experimental 12 — Washed BHM suspended in sucrose no versene. Suspension blended for 3 min. in Virtis, reostat on 85, suspension centrifuged for 5 min. and 30 min. at 30,000 rpm. Supernatant adjusted to pH 5.8, precipitates recovered. The precipitate was suspended in sucrose and pH adjusted to 6.6. Much of the precipitate dissolved, leaving a sediment R₁ (washed), the supernatant was collected and the pH adjusted to 4.9, the precipitate was covered as R₂. The first supernatant obtained at pH 5.8 after the removal of R₁ was precipitated with NH₃-(NH₄)₂SO₄ to 0.8, precipitate dissolved and dialyzed 1 hour against distilled water.

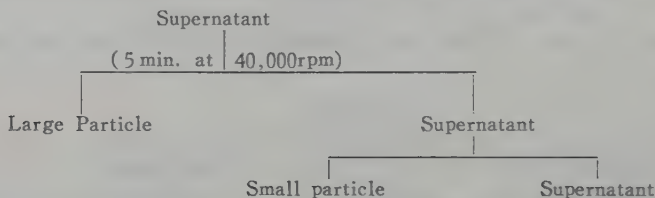
Enzyme assay		
	α -Ketoglutaric D.	Pyruvic D.
R ₁	0.176	0.027
R ₂	0.162	0.052
NH ₃ -(NH ₄) ₂ SO ₄ ppt. (N)	0	0
NH ₃ -(NH ₄) ₂ SO ₄ -R ₁	—	0.044

Appears as previous experience would have suggested that the pyruvic dehydrogenase is again being split into two components. The unusually high pyruvic dehydrogenase is puzzling in so far as previously acid pH values produced low pyruvic dehydrogenase values in the particle.

V. Initial Baseline Distribution of Whole Series of Dehydrogenase and Associated DPN Enzymes

The Effect of the Sonic Oscillation Time on Disruption—This experiment was trial run on the sonic oscillator to examine the effect of oscillation time on BHM.

BHM (40mg. protein/ml) sonicated separately for 4 min. and 15 min. hereafter denoted 4 and 15. 48 ml. dialyzed to 75ml. 6 ml. set aside for analysis of original material. Then centrifuged for 5 min. at 16,000 rpm (no.40 roter Spinco head) to give the large particle, 30 min. at 30,000 rpm yield small particle and supernatant.



(Composed only material which packed firmly the rest was pored off with the supernatant)

Table 40. Effect of oscillation Time on disruption of beef heart mitochondria.

Fraction	α -Ketoglutaric dehydrogenase				Pyruvic dehydrogenase			
	S. A.	Total Unit	Unit (%)	Total Unit(%)	S. A.	Total Unit	Unit (%)	Total Unit(%)
4' large particle	0.044	2.640	28		0.012	0.72	33	
4' small particle	0.009	0.135	1	68	0.066	0.090		63
4' supernatant	0.230	3.680	38		0.036	0.576	4	
15' large particle	0.015	0.525	6		0.007	0.250	26	
15' small particle	0.008	0.272	3	62	0.005	0.170	11	
15' supernatant	0.218	4.58	53		0.039	0.819	8	56
4' sonicated unseparated material	0.095	9.50			0.022	2.200	37	
15' sonicated unseparated material	0.086	8.60			0.220	2.200		
BHM untreated	0.170	17.00			0.035	3.500		

A. S. (specific activity) expressed as $4 \mu\text{moles CO}_2/\text{min./mg. protein}$.

Assay conditions; each manometer contains $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 50 μmoles , NaHCO_3 40 μmoles , MgCl_2 20 μmoles , BSA 10%, 0.2 ml. and where indicated K α -ketoglutarate 20 μmoles Na pyruvate-oxaloacetate (20 μmoles -10 μmoles), and each fraction. Water to a final volume of 3.2 ml. Incubated 30 min., at 37.5°C . CO_2 uptake measured Warburg technique anaerobically in NaHCO_3 buffer- N_2 - CO_2 in the presence of $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$.

Unit expressed as $\mu\text{moles DPNH oxidized/min./mg. protein}$ addition of 0.1 mg. cytochrom c in a total volume of 1.0 ml. 0.9 ml. KPO_4 0.2 mole, pH 7.4, 0.01 ml. versene 0.01 M, 0.04 ml. 0.2% DPNH, 0.01 ml. cytochrom c. Enzyme (10-20 mg.) about 2 mg., measured at 340 $m\mu$.

$$\left(\text{Unit} = \frac{\text{O.D change/min./mg./protein}}{6.2} \right)$$

The small particle and the large particle were washed with 30 ml. 0.25 M sucrose then resuspended in fresh sucrose. HBHM original not sonicated (22.4mg./ml. protein). Activity data for this experiment is shown in Table 40.

In order to test on partial incubation of α -ketoglutaric dehydrogenase on storage and pH 6.0 precipitate, HBHM suspension sonicated for 15min. then centrifuged for 5 min. at 40,000 rpm hereafter denoted 15min. supernatant (freshly prepared), 15min. supernatant (48 hours old,) pH 6.0 precipitated for 24 hours old, 15min. supernatant (ppt. then stored 24 hours), and 15min. supernatant (48 hours old) after removal of pH 6.0. Freshly prepared assayed for α -ketoglutaric dehydrogenase 0.088 ($\mu\text{moles CO}_2/\text{min./mg. protein}$) after 24 hours further storage (pH 6.0) the material assay 0.056. Clearly pH 6.0 precipitate plus 15min. supernatant (48 hours old) after removal of pH 6.0 precipitate are not giving a simple summation expected specific activity for this combination 0.085 whereas observed specific activity is 0.113.

Table 41. Partial incubation of α -ketoglutaric dehydrogenase on storage and pH 6.0 precipitate.

Fraction	α -Ketoglutaric Dehydrogenase Specific Activity ($\mu\text{moles CO}_2/\text{min./mg. protein}$)
15min. super.(freshly prepared)	0.218
15min. super.(48 hrs. old)	0.159
pH 6.0 ppt. from 24 hrs. old 15 min. super.	0.056
15 min. super.(48 hrs. old) after removal of pH 6.0 ppt.	0.110
pH 6.0 ppt. from 24 hrs. old 15 min. super. 15 min. super.(48 hrs. old) after removal of pH 6.0 ppt.	0.113

Protamine Sulphate Precipitation—Two aliquots of 50ml. HBHM (40mg./ml.) were separately sonicated for 4 min. one at an energy input correspond to 1.1 amps, the other at 0.8 amps. Hereafter denoted 8A and 11A. About 47ml. from each oscillation was removed and diluted to 75ml. fractionation as carried out previously. The 8A and 11A supernatants were pooled there being no obvious difference between these fractions. To 82ml. of combined supernatant protamine sulphate (25mg./ml.) was slowly added with stirring, 1.0ml. of this solution, was added to give a slight excess, no further precipitated was collected and washed once with sucrose. The

Table 42. Reactivation of protamine sulphate precipitation.

Fraction	Total Protein (mg.)	α -Ketoglutaric Dehydrogenase				Pyruvic Dehydrogenase			
		S. A.	Units	% Units	Recovery (%)	S. A.	Units	% Units	Recovery (%)
Combined 5A-11A super.	458	0.104	10.40			0.030	3.00		
Protamine ppt.	213	0.186	8.2	80	87	0.031	1.36	45	45
Super. after removal of protamine ppt.	320	0.011	0.73	7		0.00	—		

combined supernatants were taken as 21 percent of total protein. On Table 42, it is shown that following protamine precipitate 55 percent of the pyruvic dehydrogenase units are lost and the surviving is concentrated solely in protamine precipitate. This may suggest the presence of a factor in the supernatant or else pyruvic dehydrogenase inactivation.

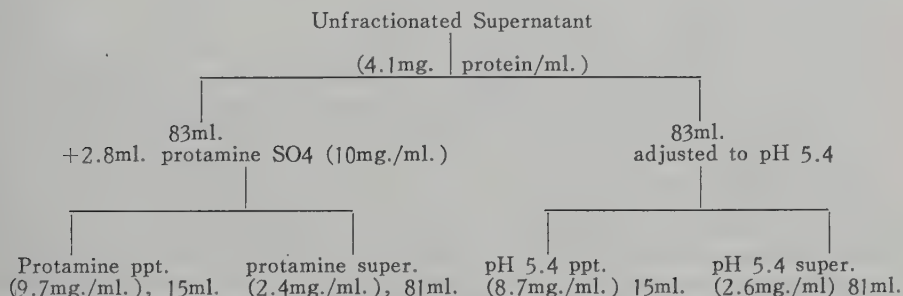
The dialyzed whole unfractionated supernatant and the dialyzed supernatant after the removal of protamine precipitate, both showed no activity over the blank. The whole supernatant showed only a change of 15 units/8 min. while the other supernatant showed 5 units/8 min. Most likely both supernatants had lost their activity of alternately were too dilute. The protamine precipitate assayed 0.026 μ atoms 0/min./mg. protein) towards pyruvate. The supernatant after removal protamine precipitate or ammonium sulphate precipitated fractions 0—45%, 45—65%, 65—95%, solution all were inactive alone towards pyruvate and also contribution with the protamine precipitate.

Recovery of Pyruvic Dehydrogenase Units between Protamine Precipitate and Supernatant after Removal of Protamine—Protamine sulphate (1.4ml./10mg./ml.) was added to unfractionated supernatant (42ml.) to give a slight excess. The precipitate was collected and washed with sucrose (30ml.). Supernatant recovered 41ml. The 7.0ml. protamine precipitated recovered 0.5ml. used per manometer, specific activity towards pyruvate was obtained 0.0034 μ atoms 0/min./mg. protein). The precipitate free supernatant obtained protamine precipitate (0.3ml.) plus supernatant (1.8ml.) specific activity is in determinations: 0.079, 0.057, 0.051, and 0.049 μ atoms/min./mg. protein towards pyruvate. The combination of protamine sulphate precipitate plus supernatant free of protamine precipitate present in the unfractionated supernatant as shown thus. Total volume of protamine precipitate is 7.0ml; 0.3ml. aliquot as used in previous determinations; so that it means enough material for $\frac{7.0}{0.3}$, 23 determination. Total volume of protamine precipitate free supernatant is 41ml. 1.8ml. aliquot was used in the previous determination so that the experiment has enough material for $\frac{41}{1.8}$, 23 determinations.

Effect of Dialysis against Phosphate, pH 7.4 and 24 Hours Ageing—An aliquot of the protamine sulphate precipitate free supernatant was dialyzed for 18 hours, against 80 volumes 0.005M KPO_4 , pH 7.4; the dialyzed material was then compared for activity with a non-dialyzed supernatant. This small difference observed between the dialyzed and non-dialyzed supernatant has lost much of its activity since the previous day.

Precipitation at pH 5.4—Washed BHM were sonicated for 10min. and the supernatant recovered. The supernatant was then adjusted to pH 5.4, the precipitate collected. The pH 5.4 precipitate (1) was adjusted to pH 7.0, then to pH 5.4 to yield pH 5.4 precipitate (2), and 5.4 supernatant (2). This procedure was repeated to yield pH 5.4 precipitate (3) and 5.4 supernatant (3). The 5.4 precipitate was reprecipitated three times without any appreciable solubilization. Recombinations of any of the 5.4 supernatant (1) with the 5.4 precipitate (4) did not affect the activity of the 5.4 precipitate (4). The activity of the 5.4 precipitate was very low—0.010 μ atoms O/min./mg. protein.

Comparison of Effectivities of pH 5.4 Precipitate and Protamine Sulphate in Separation of Pyruvic Dehydrogenase Components—Washed HBHM were sonicated for 15min. then separated into large particle (30,000 rpm for 20min.) and a small particle (40,000 rpm, for 30min.) and supernatant.



The pH 5.4 and protamine sulphate supernatant of previous experiments were freeze dried and the solids redissolved in 10ml. H_2O —a 15 fold concentration of material,

Table 43. Comparison of effectivities of pH 5.4 precipitates and protamine sulphate precipitates in separation of pyruvic dehydrogenase components.

Conditions	Pyruvic Dehydrogenase Specific Activities (μ moles CO_2 /min./mg. protein)
Initial super.	0.035
5.4 ppt.(1.7 mg.)	0.049
5.4 ppt.+5.4super.	0.080
Protamine ppt.(1.9 mg.)	0.034
Protamine ppt.+protamine super.(5.0 mg.)	0.082*
Protamine ppt.+lyophilized protamine super.(11 mg.)	0.083
Protamine ppt.+lyophilized protamine super.(22 mg.)	0.117
Lyophilized super.(22 mg.)	0.000

lyophilized solution after removing undissolved material contained 34.3mg. protein/ml. It is evident comparing the above values* in Table 43, that about 50 percent of the response activity has been lost on lyophilized. Protamine precipitate is essentially unchanged in activity. It is also apparent that large excess of protamine supernatant relative to the initial concentration is required to set the system.

DPNH Reduction in the Pyruvate System — Cuvettes contained 0.1ml. BSA 10%, 10 μ moles KPO_4 , pH 7.0, / 3 μ moles MgCl_2 , 0.02ml. KCN 0.1M, 0.5 μ mole DPN. Purified lactic dehydrogenase and 5 μ moles lactate, optimal density (O.D) change 0.350 $\rightarrow$ 0.620 to read equilib. DPT, CoA, protamine precipitate added linear continuous change recorded 0.972 $\rightarrow$ 0.935 $\rightarrow$ 0.14, These values have to be halved to account for the lactic dehydrogenase. Pyruvic dehydrogenase specific activity to DPN 0.07. This represents considerably higher activity than recorded to Fe (CN) $_6^{'''}$. The Fe (CN) $_6^{'''}$ reaction assays around 0.040 but as we obtain 3 CO_2 /molecular pyruvate for comparison with the DPN assay 0.040 must be divided by 3. It is not possible to conclude

Table 44. DPN-Pyruvic dehydrogenase distribution in protamine precipitate.

Fraction	Total Protein (mg.)	Total Units	Total Units (%)	Pyruvic Dehydrogenase Specific Activity (μ moles CO_2 /min./mg. protein)
Protamine ppt.	813	172		0.021
Protamine super.	196	150	88	0.077
Protamine super.-protamine ppt.	614	0	0	0.000

Assay conditions:—0.2ml. KPO_4 0.5M, pH 7.4, 0.01ml. BSA 10%, 0.003ml. MgCl_2 , 0.4ml. H_2O , 0.005ml. DPT, 0.005M and 0.1ml. DPN incubated at 38°. Then added 10 μ l. lactic dehydrogenase (crystalline), 0.03ml. Lactate 0.2M, incubate in cuvette untill reaction comes to equilibrium (ca. 4min.), then added enzyme 0.015ml. KCN 0.01M, 5 μ l PTA (phosphotransacetylase), 0.02ml. CoA (1.0mg./ml.). Mix, read at 340m μ . A small amount of KCN is essential even through the preparation may be devoided of DPNH-oxidase.

the protamine in which the lyophilate and large particle showed be added back to each other (Tables 44 and 45).

Comparison of the two Tables (44 and 45) shows that all the measurable DPN-pyruvic dehydrogenase unit can be recovered in the protamine precipitate. However the Fe(CN) $_6$ -pyruvic dehydrogenases units are split between the two fractions, protamine precipitate and protamine supernatant. It may be conclusive that the series of reactions leading to DPN reduction⁽¹⁴⁾ are still in one unit while the Fe(CN) $_6$ reaction requires two protein components one of which is not present in the protamine precipitate. It is also perhaps relevant to recall previous experiment on which demonstrates the complete localization in the protamine precipitate of the preliminary dehydrogenase and attendant reactions associated with factor formation.

Attempts to Demonstrate a Lipic Acid Dehydrogenase or Pyruvate — DPN Reaction — BHM sonicated, supernatant, collected and lyophilized. Dry powder dissolved in 15ml. 0.01 mole KPO_4 , pH 7.4 and dialyzed against 300 vol μ moles 0.01 mole KPO_4 , pH 7.4. There was no evidence of any denaturation resulting from this procedure. Using the standard pyruvate-DPN assay⁽¹⁵⁾, this dialyzed material showed specific activity of 0.222 μ moles DPN/min./mg.protein. Al_2SO_3 treatment was stirred at room temperature for 5 min. with Al_2O_3 (230 mg.) cooled to 0°, centrifuged supernatant collected. The supernatant showed no less in protein. However there was a 75% less in activity to 0.005. This activity was not increased by oxidized Na-lipoate

0.4, 2.0, 7.0, 40 μ g/cuvette nor did incubation at 0 (1.6mg. protein/2.0 μ g. lipoic acid), affect activity. Incurslion of 1—3 μ moles GSH in the reaction cuvette or prior to incuvation of the enzyme with GSH followed by lipoate 0.5—2.0 μ g./3.0mg. protein, was likewise without effect.

Effect of Sonication of the Distribution of the Citric Acid Cycle Dehydrogenase and Associated DPN Enzymes—HBHM in 0.25M sucrose were sonicated separately for 2 min. and fractionated. The sonicate was centrifuged for 5 min. at 15,000 rpm (No. 30 Spince head) to give the large particle. The supernatant was centrifuged at 40,000 rpm for 30 min. to yield the small particles were washed with a small volumes of sucrose and wahsing combined with the initial supernatant. The large and small particles where then washed with a large volume of sucrose and washing discard. Recovery of material based on dry weight is 99% for 2 min. sonicates and 91% for 10 min. sonicates. All the protein determinations were repeated using 5 min. aliquot for the original, large and small fractions and 0.2ml. for the supernatant. Total protein recovery was 101% for 2 min. sonicated and 92% for 10min. sonicates. The supernatant from the 2 and 10min. sonicated were centrifuged at 40,000rpm for 90min. The spellet was an opalesent red in appearence indicating some heme was present.

Table 45. Fe(CN)₆-Pyruvic dehydrogenase distribution in protamine precipitate.

Fraction	Total Protein (%)	Unit	Unit (%)	Pyruic Dehydrogenaes Specific Activity (μ moles CO ₂ /min./mg.)
Unfractionated super.	100	3.00	—	0.030
Protamine ppt. (3.0mg.)	24	1.06	35	0.044
Protamine super. (lyophilized)(3.0mg.)	74	0	0	0
Protamine ppt.+protamine super.(26.7mg.)	—	—	—	0.139
Protamine ppt.+protamine super.(26.7mg.)	—	—	—	0.114

The supernatants were completely clear. To each of the supernatants, protamine sulphate was added to a final concentration of 0.3mg./ml., and precipitate removed with centrifugation. The precipitates from the 2 min. and 10min. sonicates were combined and washed once with 20 volumes of 0.25M sucrose.

Table 46. Effect of sonication of the distribution of pyridino-protein dehydrogenase in TCA cycle and associated EPN enzymes.

Fraction	Protein (%)	Malic Dehydrogenase			Isocitric Dehydrogenase		
		S. A.	Total Unit	Total Unit (%)	S. A.	Total Unit	Total Unit (%)
Original super.	17	54.0	986	131	4.85	83	76
40,000 rpm protamine.	3.4	trace	—	—	trace	—	—
40,000 rpm super.	12	73.4	881	125	6.0	72	67
Protamine super.	8.2	100	820	118	8.50	70	65
Original super.	18.0	—	—	—	—	—	—
40,000 rpm particle	2.7	—	—	—	—	—	—
Protamine ppt.	2.9	trace	—	—	trace	—	—

Fraction	β -Hydroxybutyric D.			α -Ketoglutaric D.			Pyruvic D.		
	S. A.	Total Unit	Total Unit (%)	S. A.	Total Unit	Total Unit (%)	S. A.	Total Unit	Total Unit (%)
Original super.	0.106	1.8	93	0.913	1.3	39	0.04	68	38
40,000 rpm protamine.	0.270	0.92	47	0.15	0.5	14	0.01	34	19
40,000 rpm super.	0.16	0.2	10	0.06	0.74	20	—	—	—
Super. Protamine	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Original super.	0.87								
40,000 rpm particle	0.31								
Protamine ppt.	trace	0	—	0.18	0.54	14	0.09	0.28	17

Each flask contains 0.2 ml. BSA 10%, 0.1 ml $MgCl_2$ 20 μ moles, 0.1 ml. DPN 1 μ moles, 0.3 ml. KPO_4 20 μ moles, pH 7.0, 35 μ moles acetaldehyde(neutolyzed), 0.2 ml. H_2SO_4 2N(center well), H_2O to 3.2 ml. and where indicated 30 μ moles substrates. The manometers were gassed with N_2 and at completion of 30 min., H_2SO_4 was tipped to obtain values for the total CO_2 evolved.

S. A. (specific activity) = μ moles CO_2 /min./mg. protein

Unit = DPNH oxidized/min./mg. protein

In the Table 46 all on the % are expressed in terms of the original whole sonicate. Reduction of DPN was used to assay the pyruvic dehydrogenase in this Table, and there may be some question as to the validity of the assay of the protamine precipitate as there may have been a blank rate, or a sufficiently high amount of CoA. Addition of CoA^{1) 3)} did not stimulate the rate of DPN reduction as it did in other pyruvic assay. Present experiments may be conclusive that α -ketoglutaric dehydrogenase and pyruvic dehydrogenase can be centrifuged out at high speed in some and any enzyme left often this treatment can be precipitate with protamine sulphate. Malic and isocitic dehydrogenases were recovered almost 100% in the protamine supernatant.

Table 47. Oxidation of substrates of citric acid cycle to molecular oxygen by intact beef heart mitochondria

Substrate	Oxidation (μ atoms O/min./mg.)	Phosphorylation (μ moles P/min./mg. protein)	P/O
Isocitrate	0.007	—	0
Citrate	0.015	—	0
Lactate	0.009	—	0
Malate	0.013	—	0
l-Glutamate	0.068	0.114	1.67
Pyruvat-Malate	0.100	0.278	2.78
β -hydroxybutyrate	0.111	0.210	1.95
Succinate	0.177	0.200	1.33
α -Ketoglutarate	0.050	0.140	2.83

Each flask contains 100 μ moles glucose 5moles $MgCl_2$, 0.5mg. yeast hexokinase, 5 μ moles ATP, 30 μ moles phosphate, pH 7.1, 1 μ mole DPN, 0.1 μ mole CoASH, 0.5mg. TPN, 4mg. BSA, 2.0moles sucrose, 0.14 μ moles $MnCl_2$ 0.2mg. purified cytochrom c and 20 μ moles substrates. Incubate 20min. at 38°C. O_2 uptake measured by standard Warburg technique. Phosphate determined by method of Fisk and Subbarow.

Two preparations of morphological intact mitochondria were prepared in 0.88 % sucrose and they were assayed for oxidative phosphorylation¹¹⁾. The oxidative rate of isocitrate, citrate, lactate, malate, and pyruvate were zero in 11 experiments in the Tables 47, and 48.

Table 48. Oxidation of substrates by intact mitochondria after sonication.

Substrate	Rate of Activity	
	Cytochrom c added	Percent for Original
Isocitrate	0.127	∞
Citrate	0.146	∞
Lactate	0.060	∞
Malate	0.024	∞
L-glutamate	0.068	57
Pyruvate, malate	0.052	65
β -Hydroxybutyrate	0.114	100
Succinate	0.261	159
α -Ketoglutarate	0.068	144

VI. The Effect of RNA'ase Digestion of Sonicated HBHM

Determination on Ribonucleic Acid (RNA) in BHM—The estimation of RNA is based on the color reaction giving by its ribose moiety on treatment with orcinol in HCl. Many substrates other than RNA give color reaction with orcinol, and it is necessary to first separate the RNA from the interfering compounds with mitochondrial suspension. This is readily accomplished by selective extraction with hot TCA.

The first part of the method will therefore be concerned with the extraction procedure for nucleic acid and second part with the determination of ribose with orcinol.

Concentration of RNA'ase Required to Digest the RNA in Sonicated HBHM on α -Ketoglutaric and Pyruvic Dehydrogenase—Two pilot experiments have been carried out to determine the concentration of RNA'ase required to digest the RNA in sonicated HBHM. Whole HBHM 10ml. which had been sonicated for 80 sec. plus 1 mg. RNA'ase, incubated at 38°C, aliquotes for RNA determination removed after 10min. and 30min. In Table 49, a very sizeable residue of RNA, remains; it was concluded that higher concentration of RNA'ase were required to effect of speedy

Table 49. RNA digestion in heavy beef heart mitochondria.

	μ g ribose/mg. protein	Reduction in ribose(%)
Whole HBHM sonicated no added RNA'ase	0.63	—
10min. incubation with RNA'ase	0.48	24
30min. incubation with RNA'ase	0.38	40

digestion of total RNA, and also either a portion of the RNA was inaccessible to the enzyme or that a considerable amount of DNA was present(Fig. 6)

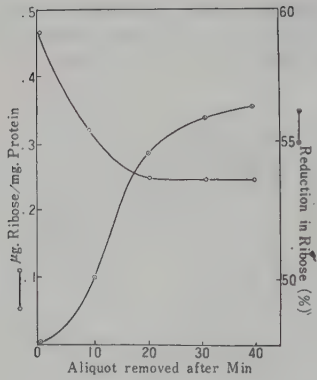


Fig. 6. The concentrations of RNA' ase required to digest the RNA in sonicated heavy beef heart mitochondria (HBHM). HBHM 14ml. (23mg. protein/ml.) which had been sonicated for 80 sec. were incubated with 14 mg. RNA' ase at 38°C. Aliquots were with down at interval and RNA determined.

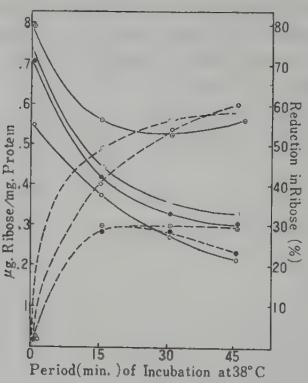


Fig. 7. Heavy beef heart mitochondria (HBHM) 3ml. (50mg. protein/ml.) were sonicated for 100sec. diluted and fractionated into particle (40,000rpm for 30min.) and supernatant. The effect of RNA' ase was tested on HBHM, which sonicated of HBHM, particle and supernatant separated from the sonicate. RNA' ase was added a concentration of 0.2mg./25mg. protein, sample for RNA analysis were with down after 0, 15, 30 and 45min. at 38°C. Substrates are;- HBHM, ●—●, sonicated HBHM ●—●, sonicated particle □—□, sonicated supernatant ○—○. Dotted lines are expressed for reduction in ribose (%) for each substrate.

Effect of Sonication of HBHM on RNA'ase Digestion of HBHM and Fraction Therefrom — These results are difficult to interpret all fractions are attacked to a varying degree by RNA'ase. A fort from the digestion of the HBHM there is no clear distinction of the whole sonicate and the particle and supernatant isolated therefrom. (Fig. 7). In view of the fact that 30% of RNA in BHM suspension can be readily digested the effect of RNA'ase on mitochondrial oxidation and phosphorylation was investigated. The results of this series of experiments and filled. No effect of the rate or extent of the oxidation or phosphorylations were detected.

Table 50. Concentration of RNA and DNA in sonicated HBHM.

SAPMLE	μg. ribose/mg. protein	μg. deoxyribose/mg. protein	Reduction in ribose(%)
A	0.53		—
B	0.32	0.01	38
C	0.27		50

SAMPLE—35ml. HBHM (50 mg./ml.) were sonicated for 30 secs. then diluted with sucrose approx. 1 : 1 and two 31.5 ml. aliquots were incubated as follows:—A, 31.5ml. diluted sonicated 15min. at 38°C;B, 30mg. RNA' ase +31.5ml. diluted sonicated were incubated at 38°C and 0.27ml. aliquot was with down after 15min. And the rest withdown after 30min. (C)

Dipulicated 2.0ml. 2.0ml. aliquots of the three fractions were estimated for RNA and DNA.

Clearly either concentration of RNA exists which is not attacked by RNA'ase or else the total RNA is being partially digested by RNA'ase. No measurable concentration of DNA contaminates the mitochondria (Table 50).

Summary

The present work is concerned with the linkages by which the pyridino-protein dehydrogenases of citric acid cycle are bound to the electron transport system in phosphorylating beef heart mitochondria. Oxidative phosphorylation is abolished whenever mitochondria are fragmented by any procedure which leads to solubilization of pyridino-protein. The residue material responds aerobically to DPN and oxidation of DPNH is linked to phosphorylation. PETP was not greatly affected by added DPN but the oxidation of DPNH which did not coupled to phosphorylation. The oxidative activity of the Hughes pressed fragmented mitochondria is reduced to zero except in the presence of co-factor supplements, phosphorylating activity was completely destroyed by this procedure. The blending BHM with ballotive beads decreases in the rate of oxidation significantly. It is noteworthy that the observed P/O values are not significantly altered. The salient point appears to be that phosphate brings about extensive changes in the material irrespective of the Hughes press.

The rate of oxidation of pyruvate-malate by ETP is proportional to the concentration of supernatant. When ETP prepared wholly by different centrifugation with the use of the alkalic, phosphate of alcohol procedures, requirement for isocitrate does not, however, suggest any explanation for the results obtained with malate-pyruvate, other than possibility that supernatant contains condensing enzyme, malic, and pyruvic dehydrogenase. Blending of the BHM which producing considerable quantities of soluble dehydrogenase does not result in the initial complete solubilization of these dehydrogenase observed when phosphate buffer 0.15M is added either after blending or before comming to the BHM suspension. No ETP are produced except in the presence of phosphate could perhaps be accounted for in term of splitting on phospholipid. However this does not appear to be the functions.

As a preliminary to a study of conditions recovery to detach the pyridino-protein from the heme chain, using at level of cholate which did not affect phosphorylation *viz.*, 0.2mg. cholate/mg. protein, the effect of varying salt concentrations were examined. Residue material in the presence of 67 μ moles phosphate/15 mg. protein/3mg. cholate is essentially devoided of phosphorylating activity whereas another residue (16 μ moles P/15mg. protein/3 mg. cholate) contains a considerable amount of phosphorylating activity. The dialyzed supernatant has somehow picked up an inhibitor, the non-dialyzed supernatant appeared to neither inhibit nor stimulate phosphorylative oxidation was increase some 40 percent. If the protein concentration and cholate concentrations are increased 15 times extensive protein solubilization take place with abolition of phosphorylation and some 40 percent reduction in oxidation. The ethanol used in experiment has some effect on presenting the oxidative activity of cholate-phospahte treated mitochondria but it does not inhibit phosphorylation and oxidation at concentration of 330 μ moles/manometer cup. The levels of cholate-phosphate required to solubilized some of protein HBHM lead to complete loss of oxidative activity. Possibility was considered that stimulation of phosphorylation by alkaline extract might be due to present of TPNH in the extract. TPN inhibited phosphorylation by some 40 percent. The presence of alkaline supernatant served particularly

reverse this inhibition.

β -hydrobutyric and pyruvic dehydrogenase of heavy beef heart mitochondria can be centrifuged out at high speed with effective sonication in some and any enzyme left often this treatment can be precipitated with protamine sulphate. Malic and isocitric dehydrogenases were recovered almost 100 percent in the protamine sulphate supernatant.

The estimation of RNA in sonicated HBHM is based on the color reaction given by its ribose moiety on treatment with orcinol in HCl. High concentration of RNA'ase are required to effect of speedy digestion of the total RNA. Either a portion of RNA is inaccessible to the enzyme or that a considerable amount of DNA. Effort from the digestion of HBHM there is no clear distinction on the whole sonicate and the particle and supernatant isolated therefrom. Clearly either a concentration of RNA exists which is not attacked the RNA'ase else the total RNA is being partially digested by RNA'ase.

Acknowledgement

The author is indebted to Dr. D. E. GREEN for his continued interest and to Dr. D. ZIEGLER and Dr. A. W. LINNANE of the Institute for Enzyme Research, University of Wisconsin, Madison, Wisc., U.S.A. for their generous advice and cooperation in the physicochemical measurements carried out in connection with this work. This investigation was supported by a research grant, H-458 (C7) and graduate training grant HTS-5006 (C7), administered by David E. Green, from the National Institute of Health, U. S. Public Health Service. Oscar Mayer and Company generously provided the tissues used in this work.

References

- 1) AYENGAR, P. A., GIBSON, D. M., and SANADI, D. R. : 1954. A New Coenzyme for Phosphorylations. *Biochim. et Bioph. Acta*, **13**, 309-310.
- 2) AYENGAR, P. A., GIBSON, D. M., PENG, C. H., and SANADI, D. R. : 1956. Isolation of Guanosine Di- and Triphosphates from Yeast. *J. Biol. Chem.*, **218**(1), 521-533.
- 3) BEINERT, H., and STANSLY, P. G. : 1953. Asymmetric Labeling of Acetoacetate by Enzymatic Acetyl Exchange with Acetyl Coenzyme A. *J. Biol. Chem.*, **204**(1), 67-76.
- 4) GIBSON, D. M., AYENGAR, P., and SANADI, D. R. : 1955. A Phosphatase Specific for Nucleoside Diphosphates. *Biochim. et Bioph. Acta*, **16**, 536-538.
- 5) GREEN, D. E., KOHOUT, P. M., and MII, S. : 1954. Isolation of Succinic Dehydrogenase from Beef Heart Mitochondria. *Biochim. et Bioph. Acta*, **14**, 295-296.
- 6) GREEN, D. E., MII, S., and KOHOUT, P. M. : 1955. Studies on the Terminal Electron Transport System. *J. Biol. Chem.*, **211** (2), 551-567.
- 7) GREEN, D. E., BASFORD, R. E., and MACKLER, B. : 1956. *Nitrogen Metabolism*, W. D. MCELROY and B. GLASS, Ed., The Johns Hopkins Press, Baltimore, 628-649.
- 8) HELE, P. : 1954. The Acetate Activating Enzyme of Beef Heart. *J. Biol. Chem.*, **206** (2), 671-676.
- 9) HIFT, E., OUELLET, L., LITTLEFIELD, J. W., and SANADI, D. R. : 1953. α -Ketoglutaric Dehydrogenase IV) Coupled Phosphorylation. *J. Biol. Chem.*, **204** (2), 565-575.

- 10) KEARNEY, E. B., and SINGER, T. P. : 1956. Studies on Succinic Dehydrogenase I) Preparation and Assay of the Soluble Dehydrogenase. *J. Biol. Chem.*, **219** (2), 963—975.
- 11) JACOBS, E. E., and SANADI, D. R. : 1955. Some Components of Oxidative Phosphorylation System. *Biochim. et Biophys. Acta*, **17**, 291—292.
- 12) MAHLER, H. R., and ELOWE, D. G. : 1953. DPNH-cytochrom Reductase, A Ferro Flavoprotein. *J. Amer. Chem.*, **75**, 5769.
- 13) MAHLER, H. R., and GREEN, D. E. : 1954. Metallo-Flavoprotein and Electron Transport. *Sci.*, **120** (3150), 7—12.
- 14) MAHLER, H. R., and ELOWE, D. G. : 1954. Studies on Metallo-flavoprotein II) The Role of Iron in Diphosphopridine Nucleotide Cytochrom C Reductase. *J. Biol. Chem.*, **210** (91), 165—179.
- 15) MAHLER, H. R., GLENN, J. L. : 1956. General Significance of Metallo-flavoproteins in Electron Transport. *Inorganic Nitrogen Metabolism*, W. C. MCELORY and B. GLASS, Ed., The Johns Hopkins Press, Baltimore, 575—597.
- 16) MALEY, G. F. : 1957. Phosphorylations Associated with the Oxidation of External Reduced Diphosphopyridine Nucleotide by Rat Liver Mitochondria. *J. Biol. Chem.*, **224** (2), 1029—1038.
- 17) SANADI, D. R., and GIBSON, D. M. : 1954. Evidence for A New Intermediate in the Phosphorylation Coupled to α -Ketoglutarate Oxidation. *Biochim. et Biophys. Acta*, **13**, 146—147.
- 18) SANADI, D. R., GIBSON, D. M., and AYENGAR, P. : 1954. Guanosine Triphosphate the primary Product of Phosphorylation Coupled to the Breakdown of Succinyl Coenzyme A. *Biochim. et Biophys. Acta*, **14**, 434—436.
- 19) SINGER, T. P., and KEARNEY, E. B. : 1954. Solubilization, Assay, and Purification of Succinic Dehydrogenase. *Biochim. et Biophys. Acta*, **15**, 151—153.
- 20) ZIEGLER, D. M., LESTER, W., and GREEN, D. E. : 1954. Oxidative Phosphorylation by an Electron Transport Particle from Beef Heart. *Biochim. et Biophys. Acta*, **21**, 82—85.
- 21) ZIEGLER, D. M., LINNANE, A. W., GREEN, D. E., DASS, C. M., and RIS, H. : 1959. Studies on the Electron Transport System XI) Correlation of Morphology and Enzymatic Properties of Mitochondrial and Sub-mitochondrial Particle. (in press).

工場廃水に関する研究

第9報 非鉄金属工場廃水の浅海に及ぼす影響について (その1) ※

赤 築 敬 一 郎 ・ 早 山 万 彦

Studies on the Foul-water Drained from Factories.

9. On the Polluting Influence of the Waste Liquor from a
Non-iron Metal Plant on the Shallow Waters. (Part I.)

By

Keiichiro SYAZUKI and Kazuhiko HAYAMA

The authors have investigated three times from 1955 to 1958 how the waste liquor drained from a finishing copper plant can affect the water and bottom deposit of the shallow waters, and come to the following conclusion.

- 1) The waste liquor drained from a certain finishing copper plant contains 2—4 ppm. of copper with its pH value of 5.5—7.7 after it has been treated, while it contained 5—10 ppm of copper with its pH value of 2—4 before it being treated.
- 2) The water sampled has more copper ion in the bottom layer than in the surface layer.
- 3) Judging from the fact that the water contains more than 15 γ -copper/L. and the bottom deposit does over 5 γ -copper/G. the area lying within 2,000 meters of the drainage mouth is to be affected by the copper contained in the waste liquor.
- 4) The bottom deposit lying within a radius of about 0.3Km. of the drainage mouth contains more than 20 γ -copper/G. (the maximum, 120 γ /G).

In other words, the area is most affected by the drained waste liquor.

緒 言

非鉄金属工場から排棄される廃水中の主なものは金属酸洗工程に発生するもので酸洗廃水といわれ、多量の金属イオン及び遊離酸を含み水質汚濁源として主要な廃水の一群である。この種廃水中の主要成分が水棲生物に及ぼす影響に関しては多数の業績があるが、浅海に如何なる影響を与えるか、即ち本廃水の流入する浅海の水及び底質の汚濁状態に関する研究はないようである。著者等¹⁾は先に銑板工場廃水の浅海に及ぼす影響に就いて報告し、汚濁された浅海の水及び底泥中には多量の鉄が検出され、特に底泥中の鉄の含量によって汚濁範囲が推定出来ることを認めたが、非鉄金属工場廃水の場合も同様に汚濁浅海の水及び泥中には多量の非鉄金属を含有するものと推察されるので、昭和30年以来下関市に存在する非鉄金属工場廃水に就いて調

※ 水産講習所研究業績 第260号, 1959年2月12日 受理

査を行い、廃水及びその流入浅海の水並びに泥中の非鉄金属含量及び分布状態を明らかにした。本報告では銅関係工場廃水に関して得られた結果について報告する。

調査及び分析方法

調査した廃水は下関市長府町にある神戸製鋼長府工場の銅板酸洗廃水で、浅海汚濁調査を行う前に工場内設備、作業工程、廃水の発生場所及び処理装置等を視察した。廃水が流入する浅海の調査は1955年6月23日の干潮時及び1957年8月28日14時～17時の干潮時及び8月29日10時

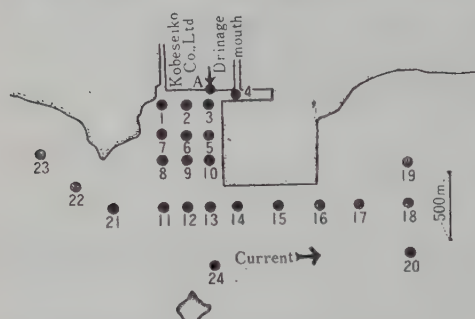


Fig. 1. Showing the stations of sampling. (June 23, 1955. Aug. 28, 29, 1957.)

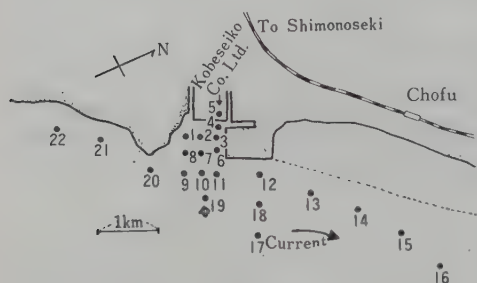


Fig. 2. Showing the stations of sampling, Oct. 24, 1958.

～12時の満潮時に第1図に示す地点、1958年10月24日10時30分～12時30分の干潮時及び16時～17時の満潮時に第2図に示す地点で行った。

採水には北原式中層採水器、採泥には丸川式採泥器を使い、水はトルエン、泥は飽和昇汞液で固定して分析に供した。

分析方法としては水の pH は比色法、同じく C.O.D は富山・末富の方法²⁾、泥の硫化物は富山・神崎の方法³⁾、同じく C.O.D は荒川・新田の方法⁴⁾、有機炭素は Tiurin の簡易定滴法⁵⁾、全窒素はキエルダール法⁶⁾、銅はドータイト試薬⁷⁾及びデチゾーン試薬⁸⁾を用いる比色法によった。尚供試泥は1耗目の篩を通した細泥を用い、底泥中の銅の分析試料は試泥2gに抽出液(塩化カリウム 3.73gに氷醋酸4ccを加え蒸留水にて1Lにする)50ccを加え30分間振盪して1日間放置した後、上澄液を静かに分取し、残渣に再び抽出液50ccを加え同様に操作して得た上澄液を前日の上澄液と合したものをを用いた。

結果及び考察

廃水成分：神戸製鋼長府工場では1955年に石灰石中和槽及び沈澱槽を設置し銅板酸洗廃水の処理を行っているが、処理前の廃水的主要有害成分は硫酸及び硫酸銅で、前者は pH にして2～4、後者はCuにして5～10mg/L 範囲の含量変化を示す。処理槽から出た処理廃水の pH は4.5～6.0、Cuは3～8mg/Lを示し、処理によって遊離硫酸の大部分とCuの一部が除去され

る。処理廃水は海に排棄される前に工場内の他の使用水で更に稀釈されるが、実際排水口で採取した試水の pH は 5.5~7.7, Cu は 2~4 mg/L の範囲であった。従って本工場廃水は石灰石中和処理を施せば pH の点では一応安全となるが Cu の除去は不十分である。銅イオンの水棲生物に及ぼす影響に関しては、高安⁹⁾、大谷¹⁰⁾等、大島¹¹⁾、Belding¹²⁾、富山¹³⁾等の業績があり、又著者等がハゼの一種を用い、水温 20°C 内外、pH は中性の条件下で硫酸銅の毒性を試験した結果では銅イオンの致死限界濃度は 1~1.5 ppm、嫌忌限界濃度は約 0.5 ppm、摂餌限界濃度は約 0.25 ppm であった。種々の実験値から見て 0.1~0.2 ppm の微量で水棲生物に被害を及ぼす故、Cu に対しては充分な考慮を払う必要がある。

海水の汚濁状態：1955年6月23日の調査は予備的に行ったが表層海水の Cu 分析値は第1表に示す通りである。廃水口より500m以内では30γ/L以上のCuを含み Cu の定量により廃水の影響範囲を大体推察出来ることを認めた。

Table 1. Copper in the sea water sampled from the upper layer of the stations shown in Fig. 1., June 23, 1955.

Station	Copper γ/L	Station	Copper γ/L	Station	Copper γ/L
1	33	6	48	11	16
2	60	7	62	12	17
3	35	8	23	13	21
4	18	9	16	A	2550
5	67	10	40		

1957年8月28日及び29日に採取した海水の pH, C. O. D. 及び Cu の分析結果は第2表、1958年10月24日に採取した海水の pH 及び Cu の分析結果は第3表に示す通りである。

Table 2. Sea water obtained from the stations shown in Fig. 1.

Date	Station	Layer	Depth (m)	Temp. (°C)	pH	C.O.D. (O ₂ -mg/L)	Cu (γ/L)
Aug. 28, 1957	1	S	—	27.2	7.7	1.93	188
	1	B	2.5	26.8	7.8	1.68	65
	2	S	—	27.1	8.0	1.53	142
	2	B	5.0	26.1	7.8	2.30	55
	3	S	—	27.0	7.7	1.81	120
	3	M	2.5	26.2	7.9	1.87	56
	3	B	5.0	26.1	7.7	1.82	48
	4	S	—	27.1	7.8	1.29	56
	4	B	5.0	26.5	8.0	0.86	96
	5	S	—	26.8	7.8	1.13	41
	5	B	6.0	26.1	8.0	1.41	70
	6	S	—	27.0	7.8	1.73	35
	6	B	5.2	26.2	8.0	2.15	59
	7	S	—	27.1	7.9	1.88	11
	7	B	5.5	26.1	8.2	1.77	44
	8	S	—	26.6	7.9	1.58	15
	8	B	5.6	26.2	8.0	1.44	51
	9	S	—	26.9	7.9	1.77	24

Aug. 28, 1957	9	B	5.2	26.2	8.0	2.64	60
	10	S	—	26.5	7.9	1.74	18
	10	B	4.6	26.3	7.9	1.45	59
	11	S	—	26.6	8.2	1.61	32
	11	B	6.5	26.2	7.9	2.36	57
	12	S	—	26.5	8.2	1.45	23
	12	B	6.0	26.2	7.9	1.29	72
	13	S	—	26.3	8.1	1.25	7
	13	B	4.6	26.2	7.9	1.60	100
	14	S	—	26.6	7.9	1.55	12
	14	B	5.0	26.2	8.2	1.90	86
	16	S	—	26.8	8.2	1.44	21
	16	B	9.0	26.5	8.2	1.39	43
	17	S	—	26.9	8.0	1.37	38
	17	B	4.0	26.6	8.0	1.42	45
	18	S	—	27.0	8.2	1.37	40
	18	B	3.5	26.6	8.2	1.95	44
	19	S	—	27.0	8.2	1.10	27
	19	B	3.0	26.7	8.0	1.85	50
	20	S	—	26.9	8.0	2.08	20
	20	B	4.0	26.6	8.2	1.84	36
	A	—	—	29.2	5.9	3.99	3360
Aug. 29, 1957	1	S	—	26.1	7.9	1.53	30
	2	S	—	26.2	8.0	1.61	60
	3	S	—	26.2	7.8	1.44	66
	3	B	6.3	25.8	7.8	3.13	58
	4	S	—	26.3	7.8	2.67	19
	5	S	—	26.1	7.8	2.65	140
	6	S	—	26.4	8.0	1.12	14
	6	B	7.0	25.8	7.9	1.88	34
	7	S	—	26.4	8.0	1.65	32
	8	S	—	26.4	7.8	0.78	13
	8	B	7.4	25.9	7.9	1.61	45
	9	S	—	26.3	7.8	1.73	21
	10	S	—	26.2	7.8	1.96	15
	11	S	—	26.6	7.9	1.10	9
	12	S	—	26.0	7.9	2.19	21
	13	S	—	26.5	7.9	1.77	8
	21	S	—	26.8	7.8	1.29	7
	21	B	10.0	26.2	8.0	1.57	65
	22	S	—	26.6	7.8	1.39	8
	22	B	5.0	26.8	8.0	1.73	50
	23	S	—	26.5	8.0	2.09	13
	23	B	7.2	25.9	7.9	1.92	40
	24	S	—	26.5	8.0	1.02	6
	A	—	—	28.5	5.7	6.25	3380

Table 3. Copper and pH in the sea water sampled from the stations shown in Fig. 2.

Station	Layer	Depth (m)	pH	Cu (γ /L)	Station	Layer	Depth (m)	pH	Cu (γ /L)
1	S	—	7.9	56	12	S	—	8.1	18
1	B	5.0	8.1	66	12	M	5.0	8.1	42
2	S	—	8.1	28	12	B	10.0	8.1	32
2	M	3.0	8.1	24	13	S	—	8.1	10
2	B	6.5	8.2	48	13	B	5.0	8.1	28
3	S	—	8.0	20	14	S	—	8.1	14
3	B	7.0	8.1	44	14	B	4.0	8.2	20
4	S	—	8.0	36	20	S	—	8.1	22
5	S	—	7.7	2,300	20	M	2.5	8.1	46
6	S	—	8.1	28	20	B	5.0	7.9	32
6	M	2.0	7.9	32	21	S	—	8.1	9
6	B	4.0	8.1	34	21	B	3.5	8.1	16
7	S	—	7.9	16	22	S	—	8.1	8
7	B	5.0	8.0	28	22	B	5.0	8.1	12
11	S	—	8.2	10					
11	B	5.0	8.2	26					

pH は 7.7~8.2 及び C. O. D は 0.86~3.13 ppm の範囲で著しい異状値は認められない。Cu の含量は 7~188 γ /L で場所により大きな差異がある。天然水中の Cu の含量について森田氏¹⁸⁾ が名古屋附近の陸水で調査した結果では河川水 0.4~3.2 γ /L, 湧水 0.2~1.3 γ /L, 池水 1.6~3.1 γ /L, 下水で汚染した河水はやや多く 2.6~8.4 γ /L で、海水の平均組成表では 3~12 γ /L である。浅海の海水は河川水、都市下水の影響を受けるから海水の平均 Cu 含量よりも可成えられるが、15 γ /L 以上の Cu を含む海水は本工場廃水の影響を受けた海水と考えて、今 Cu のり高いと考含量を 15 γ /L 以下、15~30 γ /L、30~50 γ /L 及び 50 γ /L 以上の 4 段階に分けて 1957 年度の干潮及び満潮時に於ける Cu 分布図を画くと夫々第 3 及び第 4 図の通りとなる。表層水の

Cu は干潮時には潮流方向に可成り遠方まで 15 γ /L 以上の含量を示すが満潮時には排水口を中心として約 400~500 m 範囲が Cu 汚濁を呈するに過ぎない。底層水の Cu は表層水に比べて何れの地点も多く、干満潮を問わず 30 γ /L 以上の Cu 汚濁水が排水口より 2 Km 附近の遠方にまで分布している。表層水に比べて底層水に Cu の多い理由は廃水中の銅イオンは海水中に流入後、海水溶存物質と化学反応を起して難溶性物質に変化し沈澱物として漸次沈降し底層水中に混在するためと考えられる。これは下記の通り海底泥中に多量の可給態銅が含まれる事によっても明らかである。



Fig. 3. Distribution of Cu in the sea water, Aug. 28, 1957.

Note; ○△ <15 γ /LCu ●▲ 15~30 γ /L
 ○▲ 30~50 γ /L ●▲ >50 γ /L
 ○ Surface layer. △ Bottom layer.



Fig. 4. Distribution of Cu in the sea water, Aug. 29, 1957.

1958年及び1958年度の海水中の Cu 含量は 1957 年度に比べて一般に少ないが、これは調査時に於ける工場廃水中の Cu が少いたためで海水中の Cu 含量は同じ海況下では排棄されている廃水の Cu 濃度に支配されると考えられるから若し未処理の廃水を排棄した場合は海水の汚濁度も高まり直接水棲生物に被害を及ぼす恐れもあり得る。本工場廃水は比較的 Cu 含量が少い故水棲生物に被害を及ぼす Cu 濃度 0.1～0.2 ppm の汚濁範囲は排水口附近の

狭範囲である。

海底質の汚濁状態：1955年、1957年及び1958年度に於ける海底泥質分析結果は夫々第4、第5及び第6表に示す通りである。

Table 4. Bottom deposits sampled from the stations shown in Fig. 1., June 23, 1955.

Station	Small grain	Sulphide	C.O.D.	Organic carbon	Total nitrogen	Copper	Loss on ignition
	%	%	%	%	%	γ/G	%
1	89	0.61	14.6	14.8	0.84	41.0	7.2
2	81	1.21	14.1	20.4	1.13	71.0	9.8
3	59	2.04	24.3	23.3	1.55	120.0	10.5
4	76	1.62	29.0	15.5	1.48	44.3	8.7
5	99	0.46	14.7	20.4	1.46	38.8	10.1
6	99	0.83	17.7	21.1	1.50	35.8	9.9
7	100	0.77	21.0	24.2	1.71	42.9	11.1
8	73	0.88	18.6	21.8	1.70	17.8	10.4
9	56	0.64	17.0	17.0	1.12	4.01	11.4
10	95	0.66	19.5	14.2	1.13	7.0	10.8
11	61	0.26	18.1	16.4	1.50	3.6	7.6
12	54	0.01	20.8	19.9	1.15	9.8	11.3
13	49	0.00	11.0	10.0	0.74	2.4	6.3

Table 5. Bottom deposits sampled from the stations shown in Fig. 1., Aug. 28, 29, 1957.

Station	Depth	Small grain	Sulphide	C.O.D.	Organic carbon	Total nitrogen	Copper
	m	%	%	%	%	%	γ/G
1	3	60	0.00	1.2	1.0	0.15	26.0
2	5	93	0.97	19.8	23.8	1.56	56.0
3	5	94	1.41	10.6	13.2	1.05	80.5
4	5	100	1.40	20.4	23.0	1.78	112.0
5	6	46	0.35	7.8	9.6	0.72	22.0
6	5	98	0.57	18.0	21.5	1.60	26.0

7	6	92	0.75	22.2	23.1	1.67	24.4
8	6	54	0.39	21.0	25.0	1.28	6.0
9	5	48	0.21	11.5	14.4	1.42	4.3
10	5	70	0.73	11.0	19.0	1.17	6.5
12	6	51	0.23	10.8	13.7	0.86	6.5
13	5	41	0.37	8.8	11.0	0.64	6.3
14	5	79	0.14	6.1	7.2	0.72	7.8
15	5	68	0.81	10.8	12.4	1.21	5.8
16	9	95	0.33	16.3	13.8	1.15	4.6
17	4	48	0.50	11.0	18.8	1.22	7.0
18	4	92	0.57	16.2	17.7	1.56	5.5
19	3	91	0.44	12.5	11.7	0.82	4.3
20	5	50	0.32	15.6	21.5	1.49	5.0
23	7	28	0.00	2.5	9.4	0.76	7.5

Remarks : stations 11, 21, 24—Sand

Table 6. Bottom deposits sampled from the stations shown in Fig. 2.

Station	Depth	Sulphide	Organic carbon	Total nitrogen	Copper
	m	%	%	%	γ/G
1	5	0.31	14.8	1.12	27.0
2	7	0.65	30.2	1.91	19.6
3	7	0.22	33.1	2.42	28.0
4	4	0.63	22.6	1.68	86.0
6	4	0.08	19.7	1.14	6.8
7	5	0.27	27.5	2.09	6.6
8	6	0.60	26.1	1.27	6.0
9	7	0.20	13.6	1.22	11.0
11	5	0.14	13.4	1.17	3.6
12	10	0.20	29.2	2.16	5.4
13	5	0.24	17.8	1.14	8.0
14	4	0.58	23.9	1.98	2.2
15	4	0.33	12.0	1.04	2.4
16	4	0.41	16.6	1.25	2.4
17	5	0.27	18.0	1.42	2.0
18	5	0.14	10.4	0.99	2.6
22	5	0.14	10.8	1.09	10.8

Remarks : stations 5, 10, 19, 20, 21.—sand

本工場廃水の有機物は比較的少いにも拘らず泥中には多量の有機物が含まれ、又硫化物も多く有機汚濁泥が広範囲を占めている。これは工場廃水の排棄される内湾に都市下水の混合した小河川水が流入するためである。泥の有機性汚濁については別に検討を加えることにし、本報では泥中の可給態銅に関して汚濁状態及び範囲等を考察することにする。前述の通り海水に混入した廃水中の銅イオンは白色の不溶性物質に変化して海底に沈澱し底泥中に混在するから本廃水の影響泥は当然 Cu を多く含むはずである。しかし銅関係の汚水によって汚染されていな

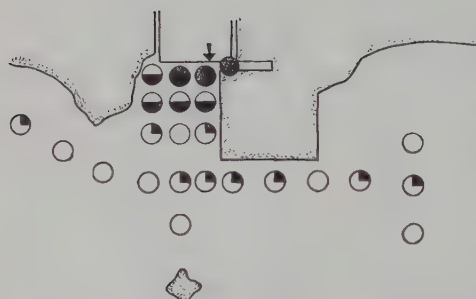


Fig. 5. Distribution of Cu in the bottom deposit, Aug. 28, 1957.

note; ○ < 5 r/G. ● 5~20 r/G.
◐ 20~50 r/G. ● > 50 r/G.

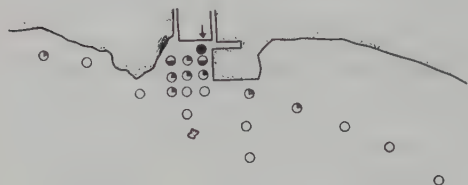


Fig. 6. Distribution of Cu in the bottom deposit, Oct. 24, 1958.

い海底泥中の Cu 含量については明らかでないで、之を調べるため山口県沿岸浅海及び東支那海で採取した泥の Cu を定量した。下関市北浦沖 0.5~1.0Km (7 地点) で 0.6~2.5 γ /G, 笠戸湾 (3 地点) で 0.5~1.5 γ /G, 三田尻湾外 (3 地点) 2~3.5 γ /G, 東支那海 (10 地点) で痕跡~4.7 γ /G という分析値を得たが、この結果より 5 γ /G 以下が非汚染泥の可給態銅含量と考えられる。今 Cu 含量を 5 γ /G 以下, 5~20 γ /G, 20~50 γ /G 及び 50 γ /G 以上の 4 段階に分けて、1957 年及び 1958 年に於ける Cu の分布図を画くと第 5 及び第 6 図の通りとなる。排水口より 150m 以内は 50 γ /G 以上, 300m 以内の内湾泥は 20~50 γ /G の Cu を含み、干満潮流の方向に約 2 Km の地点まで 5 γ /G 以上の廃水影響泥が分布していることが認められる。底泥が廃水の影響を受ける範囲と海水のそれとはほぼ一致し、廃水の影響範囲は排水口より約 2

Km 程度と推察される。泥中の不溶性銅化合物が水棲生物、特に底棲生物に如何なる影響を及ぼすかは明らかでないがこれについては今後検討を行いたい。

摘 要

1. 銅板工場廃水が浅海の水質及び底泥質に及ぼす影響を下関市長府沿岸浅海で、1955 年、1957 年及び 1958 年の 3 回に亘って調査した。
 2. 下関市神戸製鋼長府工場廃水中の有害成分濃度は処理前には銅 4~10 ppm, pH 2~4 で、処理後には銅 2~4 ppm, pH 5.5~7.7 である。
 3. 銅含有廃水の影響を受けない浅海の底泥中の可給態銅含有量は山口県沿岸の浅海では 5 γ /G 以下である。
 4. 調査した浅海の底層水は表層水に比べて銅含量が多い。
 5. 銅含量からみた本廃水の影響区域は干満潮流の方向に排水口より約 2 Km の範囲である。
 6. 排水口より約 300m 以内の海底泥は 20 γ /G 以上 (最大 120 γ /G) の銅を含み汚濁が著しい。
- 終りに臨み試料の採取及び分析に御協力を賜った本所の武居薫氏、赤崎寧、山本信博、鬼塚正光、寺田和夫、滝口良爾、古川馨の諸氏並びに研究費の御援助を賜った下関市に深謝の意を表する。

文 献

- 1) 赤築敬一郎・早山万彦：1957. 工場廃水に関する研究, 7. 笠戸湾に及ぼす廃水の影響に就いて. 水産講習所研究報告, **6** (2), 249~254.
- 2) 富山 哲夫・宋富寿樹：1937. 水の微量分析法に関する研究, 3. 過マンガン酸加里消費量の一新微量定量法について. 水産研究誌, **32** (12), 624~634.
- 3) 富山 哲夫・神崎嘉瑞夫：1951. 底土に含まれる硫化物の少量定量法. 日本水産学会誌, **17** (5), 1~7.
- 4) 荒川 清・新田忠雄：1953. 工場廃水の研究, 第一報. 海底泥の分析法に関する研究. 内海区水産研究所研究報告, **3**, 27~32.
- 5) 関 豊太郎・白石鹽一：1937. Tiurin氏腐植炭素迅速滴定法に関する実験. 日本土壤肥料学雑誌, **11**, 295~298.
- 6) 京都大学農芸化学教室：1950. 農芸化学分析書. 朝倉書店, 東京.
- 7) 上野 景平：1956. キレート滴定法. 南江堂, 東京.
- 8) 太秦 康光：1942. 化学実験学, 分析化学Ⅱ. 河出書房, 東京.
- 9) 末広 恭雄：1951. 魚類学. 岩波書店, 東京.
- 10) 大谷 武夫・薄井与兵衛・木俣正夫・石井亀好：1939. 水中に溶存する化学物質の魚介類に及ぼす影響 (第1報). 日本水産学界誌, **7** (5), 281~287.
- 11) 大島 信夫：1931. 仔鰻に対する塩類分解質の致死濃度並びに被害現象に就て. 水産試験場報告, **2**, 139~193.
- 12) BELDING D. L. : 1927. Toxicity experiments with fish in reference to trade waste polluting Transactions of the American Fisheries Society, **57**.
- 13) 森田 良美：1950. 銅及び亜鉛の分布に関する研究, Ⅲ. 陸水に於ける銅及び亜鉛の分布. 日本化学会誌, **71**, 209~213.

Trimethylamine の定量法に就いて

Mayer 法の検討*

藤 井 実・富 田 輝 雄

On the Determination of Trimethylamine,
a Modified Method of the Mayer's.

By

Minoru FUJII and Teruo TOMIDA

The authors have re-examined the Mayer method and modified the conditions of reaction in it.

Procedure: Having added 0.75ml of the Mayer reagent to the solution containing trimethylamine (TMA), control the pH of the solution to 6 with phosphate-buffer and fill up the solution to 10ml with distilled water, and you will see yellow crystal precipitated in it.

Filter the precipitate, wash it four or five times and decompose it with concentrated sulphate.

$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4\text{-N.}$, which has been caused from TMA-N., is titrated by means of iodimetry.

The minimum and maximum limits determining nitrogen are 1 to 9 mg as TMN-N. for 0.75ml of the Mayer reagent in 10ml of reaction solution. By this modified method of ours more than 95% of TMA-N. can be determined.

Trimethylamine (以下TMAと略す)の定量法に就いては Dyer に依るピクリン酸法¹⁾がよく使用されているようである。此の方法に関して橋本、岡市²⁾等が詳細な検討を行った。氏等が指摘するように Dyer 法は TMA のトルオール層への移行に伴う諸条件が煩雑で且つ相当の熟練を要するもののように思われる。著者等はかねて Mayer³⁾ 法により TMA を測定していた。此の方法は 45g の HgI_2 と 33g の KI を 100ml 中の溶液中に含む試薬を TMA を含む試料に添加して生ずる黄色沈澱 ($(\text{CH}_3)_3\text{N}\cdot\text{HI}\cdot\text{HgI}_2$) を硫酸分解して其の窒素含量から TMA を算出する方法である。併しその実施条件等に関する報文を見ることが出来なかったので此の試薬の使用条件を種々検討した結果一定の条件下に於いて此の試薬は TMA の定量に使用出来ることを知ったので報告をする。

実 験 の 部

1) 試薬及び試料

試薬 (Mayer's Reagent…MR) : 沃化第二水銀45g, 沃化加里33g を水にとかして100mlとしたもの。

試料 : TMA・塩酸塩の結晶 (石津製品) を使用した約 1% 溶液。

2) 反応液のpHが沈澱に及ぼす影響

MRがTMAと黄色沈澱を生成する場合反応液のpHが如何なる影響をあたえるかを検討した。TMA溶液を適当に稀釈してその一定量を中型試験管に入れ之に 3N—HCl を添加して夫々 pH を 4, 5, 6 及び 7 に調製した後MR試薬 1 ml を添加し更に蒸留水を添加して反応液の全液量を 10ml としてよく攪拌すると黄色の沈澱を生ずる。室温にししばらく放置後沈澱を濾別し之を夫々反応液のpHと同じように調製した同一濃度のMR試薬で洗滌し, 然る後沈澱を硫酸分解に附して其の窒素量を測定した。実験結果の 1 例を示すと第 1 表の通りである。

Table 1. Influence of pH of reaction solution on quantity of yellow crystal from trimethylamine (TMA) with Mayer's reagent.

pH	4	5	6	7
TMA-N (mg)	1.231	1.231	1.388	1.331

第 1 表の実験結果から pH 6 の結果が最も高く pH 7 の場合が之に次いでおり, pH 4 及び 5 ではやや劣る結果となった。そして pH 6 における測定値は試料の全分解窒素量の 95% であった。ここで注意すべきは試薬 TMA—塩酸塩は非常に潮解性が著しく, 従って容易に $\text{NH}_3\text{—N}$ に一部移行するようで今全分解して得た窒素量は必ずしも全部 TMA—N ではないと考えられるのである。従って実際の測定結果のパーセンティは 95% 以上の TMA—N を測定し得たといえる。いづれにしても pH 6 の場合 TMA—N 量は最大値を示したので爾後の実験では反応液の pH は総て pH 6 で行うことにする。

3) MR試薬の濃度が沈澱に及ぼす影響

MR 試薬の添加量を増加した場合, かえって沈澱の生成量は減少を示した。之は過度の MR の添加により一旦生成された沈澱生成物が MR と醋塩のような化合物を生じ之が可溶性となって溶解し去るのではないかと考えられた。そこで MR 試薬の濃度の限界を知るためその添加量を順次増加し, その際生ずる沈澱の窒素量を測定した。第 2 表はその結果を示す。

Table 2. Effect of concentration of Mayer's reagent on quantity of yellow crystal from trimethylamine with that reagent.

Precipitant (ml)	0.25	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00
TMA-N (mg $\times 10^2$)	68	186	188	186	151	150	151	93	non precipitation

第 2 表の結果は, MR 試薬の 1 ml 以上の添加により TMA—N は逆に減少することを示し 4 ml の添加の場合遂に沈澱は消滅した。此の現象は上記の推定を裏書きするものと考えられる。い

ずれにせよ RM 試薬の使用には一定の濃度範囲が存在するようで、此の実験の条件に於いては 0.5~1.0ml の範囲で最高の一定値を示したので爾後の MR 試薬は 0.75ml 添加することにした。

4) MR 試薬 0.75ml に依る TMA—N の測定限度

TMA—N 含量を異にする夫々の溶液に MR 試 0.75ml を添加して生ずる沈澱を硫酸分解して第 3 (a, b) 表の如き結果を得た。

Table 3. Precipitation of yellow crystal according to various concentration of trimethylamine for 0.75ml of precipitant.

(a)

1% TMA (ml)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nitrogen (mg)	1.134	2.051	3.454	4.371	5.774	6.799	7.933	8.958	9.170	9.497
N.(mg) / TMA(ml)	1.134	1.026	1.148	1.093	1.155	1.133	1.133	1.119	1.019	0.949

(b)

TMA (ml)	0.25	0.5	1	2	3	4	5	6
Nitrogen (mg)	trace	0.120	0.910	2.690	4.250	5.660	7.170	8.180
N.(mg) / TMA(ml)	—	0.240	0.910	1.345	1.417	1.415	1.434	1.363

上記 2 表の結果を見るに TMA—液の ml 数が 1 ml から増加して 9 ml までは MRA—溶液の濃度と測定値とはよく比例的関係を示しているが 10ml 以上になると逆に測定値は減少した。また TMA—液が 0.5ml のときその測定値は 1 ml の夫の $\frac{1}{10}$ にも達せず、更に TMA 液が 0.25ml の場合には細微な黄色沈澱を生成するに過ぎなかった。而して、TMA 溶液 1 ml の TMA—N は 1.134mg であった。以上の結果から反応液中 TMA—N が 1mg 以下の場合 MR による TMA の沈澱生成量は比例的関係を示さず、TMA—N の 1mg 以上 9mg 前後までは TMA の濃度と測定された TMA—N 量はよく比例的関係を示したが TMA—N が 10mg 以上溶存した場合もやはり 9mg 前後の値を示した。即ち MR 試薬 0.75ml の捕捉し得る TMA—N の最大量は約 9mg となる。

5) アンモニウム塩類の TMA の沈澱に及ぼす影響

TMA 溶液にアンモニウム塩類が混在する場合に MR 試薬に依る TMA の沈澱生成量に変化を生ずるか否かを試験した。アンモニウム塩として硫酸及び塩化アンモニウムを使用し其等の 10% 溶液を適量 TMA 溶液に混入した場合の TMA—N を定量した。TMA (1%) 溶液 1ml, MR 試薬は 0.75ml を使用した。第 5 表及び第 6 表はその結果を示す。

Table 4. Influence of ammonium-sulphate to precipitation of yellow crystal from trimethylamine.

Add. $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (10g/100ml) (ml)	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
TMA—N (mg)	1.316	1.277	1.269	1.321	1.331	1.401	1.365

Table 5. Influence of ammonium-chloride to precipitation of yellow crystal from trimethylamine.

Add. (NH ₄)Cl(10g/100ml) (ml)	0.25	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
TMA-N (mg)	1.611	1.549	1.504	1.501	1.621	1.544	1.499

第4及び5表の結果硫酸及び塩化アンモニウムが反応液10ml中0.3g ((NH₄)₂ SO₄—Nとして約64mg, NH₄Cl—N78mg)迄存在しても沈澱の生成量に何ら支障をあたえなかった。遊離NH₃—Nが共存する場合、反応液を一旦硫酸又は塩酸で酸性となしてアンモニウム塩を形成した後測定を行えば、上記2表の結果の示す通り何ら支障はない。

要 約

Mayer法による Trimethylamine—Nの定量法を検討した結果下記の実験条件によって簡単に且つ頗る良好な精度でTMA—Nを測定し得る。即ち反応液のpHを6となし之にMayer試薬0.75mlを添加し全液量を10mlとなし時々振盪し反応液をよく混合した後常温にしばらく放置する。沈澱を濾別し同じ濃度のMR—試薬液で充分洗滌の後硫酸分解して窒素量を測定する。但し得られたTMA—Nの値が1mg以下或は9mg以上の場合には試料の濃度を加減して測定値が1～9mgの範囲内にあるようにすべきである。此の方法により試料中のTMA—Nは95%以上の精度で定量することが出来る。(尙此の報文の大意は日本水産学会昭和32年の四国中国支部大会に於いて報告した)

文 献

- 1) 東大農芸化学教室：1952, 実験農芸化学：下巻, 朝倉書店, 628.
- 2) 橋本 芳郎・岡市友利：1957, 日水誌, **23**, 269～272.
- 3) GUGENHEIM M. : 1940, Die Biogenen Amine. 62.

キハダマグロ生鮮肉の成分 特に各態窒素について*

河内 正 通・江 良 至 徳

Studies on the Chemical Composition, Particularly Nitrogen
Fractions of a Fresh Yellowfin Tuna Meat.

By

Masayuki KŌCHI and Shitoku ERA

The authors have prepared a yellowfin tuna immediately after it was caught in the Arabian Sea and examined its chemical composition, particularly its nitrogen fractions. The results obtained are as follows:

- 1) The fish contains far less crude fat than that caught in any other sea, and its variation is pretty large.
- 2) The hot water soluble protein which it contains is large in quantity and in variation.
- 3) There is a large variation in its contents of coagulable protein.
- 4) Fresh meat particularly from the fish which has just been caught contains little or no proteoses, peptone and peptide, its non-protein nitrogen being for the most part meat base nitrogen.
- 5) No mutual relations are found between its nitrogen contents and the body weight, or the corpulent degree of the fish.

緒 言

マグロ類生鮮肉成分に関しては、他の魚種と比較して、非常に多く研究されているが、少し深く考えると一般組成もなお化学的には殆んど系統づけられていない。特に窒素の分布に関しては、奥田¹⁾、清水²⁾、松井及び深山³⁾等のカツオ又はビンナガマグロに就いての詳細な報告があるのみでキハダマグロに就いての研究は殆んど見られない。

近年、インド洋及び南方漁場の開発に伴ってキハダマグロの漁獲も年々増加の一途を辿り、生鮮食料、輸出用罐詰原料としての重要性に鑑み、これが化学的組成の研究が必要である。而して、マグロ漁業のように長期に亘る遠洋航海では、新鮮な試料の採取が困難であったが、幸にも実習船俊鶴丸に乗船し、漁獲直後の新鮮な試料肉を採取し得る機会を得たので、この実験を実施した。

* 水産講習所研究業績 第262号, 1959年2月16日 受理

実験方法

試料 1955年12月25日より翌年1月18日の間にアラビヤ海域に於いて延縄で漁獲したキハダマグロ *Neothunnus macropterus* (T. & S.) を船揚直後（死後経過10時間以内）、その背鰭下部肉を切取って試料とした。

定量法 供試肉を乳鉢中でよく磨砕した後その一定量を秤量し、大々次の如き処理を行い密封して貯蔵し、帰港後常法によって定量した。即ち

水 分：多量のトルエン中に浸漬。

脂 肪：無水芒硝を加えた円筒濾紙に入れ、エーテル中に浸漬。

全 窒 素：硫酸中に浸漬。

水溶性窒素：冷水でよく抽出、濾過後定容となし、その一定容に硫酸を加える。

非蛋白態窒素：上記抽出液の一定容を三塩化醋酸で除蛋白、濾過後その濾液に硫酸を加える。

非凝固性窒素：上記抽出液の一定容を加熱し濾過後その濾液に硫酸を加える。

熱水可溶性蛋白態窒素：供試肉の一定量に蒸留水を加えて加熱、濾過後冷却し、濾液を三塩化醋酸で除蛋白、濾過後沈澱を硫酸中に浸漬。

肉塩基窒素：上記抽出液の一定容に食塩及びタンニン酸を加え、一夜氷室中に放置、濾過後濾液に硫酸を加える。

結果及び考察

実験結果は第1表及び第2表の通りである。

Table 1. Percentage of the components in fresh yellowfin tuna meats.

No.	Moisture	Fat	Total N	Water soluble N	Non-protein N	Non-coagulable N	Hot water soluble protein	N	Meat base N
1	55.4	1.12	4.29	1.33	0.73	—	0.61	—	—
2	45.6	1.61	3.71	1.44	0.75	—	0.89	—	0.75
3	54.0	0.57	3.29	—	0.74	—	0.25	—	1.00
4	55.0	0.90	4.03	1.22	0.80	—	0.05	—	—
5	58.4	1.05	4.28	1.43	0.76	1.07	—	—	0.63
6	61.0	0.29	3.25	1.12	0.79	—	—	—	0.97
7	57.0	1.22	3.55	1.37	0.94	1.30	—	—	0.86
8	55.0	0.39	3.61	1.28	0.75	—	1.04	—	0.83
9	—	0.81	4.47	1.58	0.75	1.23	0.22	—	0.85
10	54.0	0.75	3.70	1.52	0.79	—	0.29	—	0.76
11	58.6	1.07	3.71	1.50	0.77	0.46	—	—	0.64
12	55.0	0.77	3.72	1.43	0.81	0.91	0.58	—	0.77
13	60.6	0.99	3.77	1.37	0.73	1.12	0.84	—	0.72

即ち、水分は55.8%で非常に少ないが、これは試料を秤量後、長期間30℃前後の室温に貯蔵し

Table 2. Results shown by the percentage of the components in fresh yellowfin tuna meats.

	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Moisture	55.80±0.75	3.86±0.53	6.92± 0.95
Fat	0.99±0.06	0.34±0.05	34.39± 5.06
Total N	3.80±0.07	0.36±0.05	9.43± 1.25
Water soluble N	1.38±0.02	0.13±0.02	9.06± 1.25
Non-soluble N	2.46±0.06	0.31±0.04	12.45± 1.74
Water soluble protein N	0.60±0.03	0.13±0.02	22.33± 3.22
Non-protein N	0.78±0.05	0.29±0.04	36.80± 8.13
Coagulable N	0.43±0.08	0.30±0.06	70.30±19.30
Non-coagulable N	1.02±0.08	0.28±0.05	27.29± 5.35
Hot water soluble protein N	0.53±0.07	0.32±0.05	61.30±12.90
Meat base N	0.80±0.02	0.12±0.02	14.60± 2.14
Crude protein	23.74±0.42	2.24±0.30	9.43± 1.25
Water soluble protein	3.76±0.16	0.84±0.12	22.33± 3.22
Non-soluble protein	15.36±0.37	1.91±0.26	12.45± 1.74
Coagulable protein	2.70±0.53	1.90±0.37	70.30±19.30
Hot water soluble protein	3.31±0.46	2.04±0.32	61.30±12.90
Calorie	106.86±2.00	10.70±1.42	10.00± 1.32

たため前記の如く処理，密封したとはいえ，尙揮散したものと思われる。

一般に魚肉の脂肪量は魚種，季節，生棲域は勿論のこと，個体⁴⁾，部位⁵⁾，年令⁶⁾，雌雄⁷⁾等によっても差のあることが既に知られ，マグロ類中では，キハダマグロが最も少なく且つ熱帯性のものほど少ないものと推測されるが，この実験の結果からアラビヤ海域のものは予期した以上に非常に少ないことが判明した。亦，大谷，富士川⁸⁾の両氏は「同一時期に同一魚群より捕獲せるものについても，個体により異なり，同一魚群より得られたものでも体長が同じ時は体重の大なるものが含有量は大きく同体長，同体重のものでもその脂肪量を異にしている」と述べているが，この結果も変異係数が比較的大であることから，その含有量にかなり個体差のあることが判明した。しかし，「相関係数の差の検定」の結果，体重又は肥満度の大小と脂

Table 3. Results shown by the percentage of the nitrogen fraction to the total nitrogen in fresh yellowfin tuna meats.

	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Water soluble N	36.14± 0.55	3.34±0.46	9.24± 1.27
Non-soluble N	63.86± 0.65	3.34±0.14	5.23± 0.23
Water soluble protein N	15.60± 0.63	3.25±0.45	20.84± 2.99
Non-protein N	20.69± 0.50	2.65±0.35	12.83± 1.72
Coagulable N	11.14± 2.29	8.32±1.62	75.00±21.32
Non-coagulable N	25.95± 2.00	7.27±1.42	28.02± 5.87
Hot water soluble protein N	14.06± 2.00	8.91±1.42	63.39±13.53
Meat base N	21.73± 0.94	4.63±0.67	21.31± 3.20

肪量の間には有意差を認め得なかった。

次に各態窒素の分布については、前述の如く水分の揮散が考えられるので全窒素に対する百分率を算出して比較した。その結果を第3表に示す。

表から明らかな如く水溶性窒素中、非蛋白態窒素は20.69%、凝固性窒素は11.14%及び非凝固性窒素は25.95%であることから水溶性の非凝固性蛋白態窒素は4.31~5.26%含有されるものと推測される。亦熱水可溶性蛋白態窒素が14.6%であることを考え合せると、冷水不溶性、熱水可溶性蛋白態窒素が8.80~9.75%も含有されることになり、マグロ罐詰の製造の際にその蒸点工程に於いて、この蛋白態窒素の相当量が損失されているように思考される。而して凝固性窒素及び熱水可溶性蛋白態窒素の変異係数が他の窒素と比較して著しく高い値を示していることから、その含有量に非常な個体差のあることが明らかである。大庭及び白石のもの以西底曳網魚類と同様な事実を認めており、清水^{10) 11)}は亦、「カムルチー及びハマグリ肉蛋白で、その加熱脱水が2段階に分れ、この事実は2種の凝固性蛋白即ちミオシン及びミオゲンが凝固点を異にする結果であるとし、飢餓コイ肉では段階は現われなかった」と報じていることから、同一魚種でも各魚体のおかれた条件によって蛋白質の組成又は含有量を異にするためか又はこれら蛋白質に対する自己消化の速度が外因又は生体の条件によって非常に左右されやすいために鮮度等によっても差を生ずるのではないかと推察される。そしてマグロ罐詰のハニカム及びハニカム・ライク肉の現象もこの事実と同等かの関係があるのではないかと考えられる。

一般に魚肉は冬季美味で夏季不味になり、その食味が脂肪の消長と並行し、亦エキス成分特に肉塩基の含有量に左右されることは衆知で、清水¹²⁾は多数の魚種についてそのエキス窒素を測定し、これは肉色の着色の程度と関係することを認め、カツオでは全窒素中約19%、赤友¹³⁾は牛肉では同様に約19%にも達すると述べているが、この実験においてもそれ以上の非常に多量の肉塩基の存在を確認した。キハダマグロ肉が淡白で且つ美味である所以は、脂肪が少なく且つ肉塩基を多量に含有するという事実に基づくものと考えられる。而して非蛋白態窒素の大部分が肉塩基（実験値は、非蛋白態窒素より肉塩基の量が大となったが、これは船上で操作したために生じた実験誤差によるものと考えられる）であることから、漁獲直後で蛋白質の加水分解が殆んど進行していない生鮮肉では Secondary protein derivative であるプロテオーズ類、ペプトン、ペプチドの如き形で存在する窒素は一般に僅少なのではないかと推測される。

そして、これら各態窒素量と体重又は肥満度の大小との間には「相関係数の差の検定」の結果、いずれも有意差を認めなかった。

総 括

キハダマグロ生鮮肉の成分特に各態窒素を定量し、次の結果を得た。

1. 他の海域で漁獲されたものに比べ、粗脂肪の含有量が特に少なく且つその変異がかなり大きい。そしてこの含有量は体重及び肥満度の大小等には無関係である。
2. 熱水可溶性蛋白質の含有量が大で且つこの変異が非常に大きい。
3. 凝固性蛋白質の含有量の変異も非常に大きい。
4. 漁獲直後の生鮮肉では、非蛋白態窒素の大部分が肉塩基で、プロテオーズ類、ペプトン及びペプチドは殆んど含有されていない。
5. 各態窒素の含有量と体重又は肥満度の大小との間には相関は認められない。

なお、本研究は水産庁の漁場開発実施計画に基づく化学的調査の一端として実施したものである。本研究に当り御協力をいただいた俊樹丸乗組員及び関係者各位に深甚なる謝意を表する。

文 献

- 1) 奥田・大谷：1953. 水産食品製造化学。厚生閣，東京。
- 2) 清水 亘：1949. 水産動物肉に関する研究（6～8）。日水誌，**15**（1）。
- 3) 松井・深山：1916. 魚肉に関する研究（1～2）。農水講試報，**12**（3）。
- 4) DILL, D. B. : 1921. *J. Biol. Chem.*, **48**, 73.
- 5) 波多腰ヤス：1932. 鯛に関する栄養学的研究 I。日化会誌，**53**。
- 6) ————：1933. ———— II。———，**54**。
- 7) ————：1933. ———— III。———，**54**。
- 8) 大谷・富士川：1937. 魚類の化学。厚生閣，東京。
- 9) 大庭安正・白石友義：未発表。
- 10) 清水 亘：1943. 水産動物肉に関する研究（I）。日水誌，**12**（2）。
- 11) ————：1943. ————（II）。———，**12**（3）。
- 12) 安藤 則秀：1956. 肉と肉製品の理化学。地球出版，東京。
- 13) 水島・赤堀：1954. 蛋白質化学（2）。共立出版，東京。
- 14) 京大農化教室編：1950. 農芸化学実験書（中）。産業図書，東京。

海産腹足類の卵仔に関する研究—Ⅱ*

ヒ メ ム シ ロ 他 6 種

網 尾 勝

Studies on the Eggs and Larvae of Marine Gastropods—II.

By

Masaru AMIO

Rosenia castanea (Fig. 1. a~f).

In June and July, 1957, many of its egg-capsules were seen laid on the testae between the spines of a sea urchin, *Pseudocentrotus depressus*, where the species likes to live. Its egg-capsule, which is spheroidic in shape and without any exit hole (about 1.0mm×0.90mm×0.65mm in diameter), has a short stalk and one or two thin inner capsules, each of which containing 12 to 26 yellowish ova (0.16mm in diameter).

The embryos in the stage of 4-cell, leave their egg-capsule in 12 or 13 days at a temperature between 22 and 25°C in the free-swimming veliger stage. A hatched larva has a shell, smooth and deep brown in color (0.40mm high, 0.19mm across). In it are seen an undeveloped velum, two large tentacles, two eyes and small statocysts. On the lateral sides of the posterior part of its foot can also be seen remarkable projections, but no operculum can be seen on its foot. Hatched larvae are seen to rise to the surface of the water.

Tritia (Uzita) acutidentata (Fig. 2. a~e).

In May its lens-shaped egg-capsules (1.7~2.5mm×1.3~1.7mm in diameter and 0.8mm high with their exit holes 0.96mm×0.70mm in diameter) are found laid in groups of twos or threes on the leaves of *Zostera*. Each egg-capsule contains 2~4 yellowish ova (0.36mm in diameter).

Metamorphoses take place to the ova, and in about four weeks at a temperature between 16 and 23°C, larvae in the crawling stage emerge from the exit hole on the lateral side wall of the egg-capsule. Each larva has a shell (0.96mm high, 0.74mm across) of about three whorls and deep brown in color. 7 or 8 spiral ribs with longitudinal ribs crossed are visible on the body whorl. The anterior part of the foot expands like a wing. The operculum is small and semicircular in shape.

Tritia (Uzita) dermestina (Fig. 3. a~g).

Its lens-shaped egg-capsule resembles that of *T. acutidentata*, but is slightly thicker and elliptical in shape. In May one or three egg-capsules are seen attached to the stalks of *Zostera* in a row, each egg-capsule (2.5mm×1.7mm in diameter, 1.0

* 水産講習所研究業績 第263号, 昭和34年2月10日 受理

日本水産学会1958年5月, 中国, 四国支部例会(水産講習所)に於いて発表

~1.5mm in height, with its exit hole 1.1mm×0.8mm in diameter) containing 3~5 ova (0.31mm across). The larvae in the crawling stage (1.3mm high, 0.86mm across) leave the egg-capsule in three or four weeks at a temperature between 16~23°C, and the larvae of this species closely resemble those of *T. acutidentata*.

Tritia (Uzita) japonica (Fig. 4. a~g).

Its egg-capsule, which is formed of parchment-like membrane, looks like a frustum of a cone (about 1.0mm in height). The adhesion plate has a diameter of 2 to 2.5mm, the upper plate (about 1.2mm in diameter) having an exit hole (0.32mm×0.48mm in diameter). Several to forty egg-capsules with their respective 40 to 80 ova are laid on the leaves of *Zostera* in one or three rows between March and May. The zygotes are hatched, having attained the free-swimming veliger stage (0.32mm across) in about three weeks at a temperature of 14~18°C. A hatched larva reaches its metamorphic stage (0.66mm high, 0.57mm across) in 22~24 days after being hatched and its benthonic life begins. The larva bears a remarkable resemblance to that of *Tritia festiva* in morphologic and ecologic characters.

Odostomia (Evalea) omaensis (Fig. 5. a~d).

Its gelatinous, irregular-shaped egg-masses are spawned on the surface of live top-shells in May and June, each ovum (0.06mm in diameter) being enclosed in an ovoid egg-capsule (0.12mm×0.15mm in diameter) together with somewhat granular white fluid. From each end of the egg-capsule springs a fine canal which connects itself with another capsule. The embryos are hatched in about a week at a temperature between 16~23°C, having attained the free-swimming stage. The larva (0.15mm across) has a smooth and transparent shell. A conspicuously black pigmentation (excretory organ) is found near the anus. The veliger larva has a two-lobed velum and rises to the surface of the water, secreting some gas in the shell.

Odostomia desimana (Fig. 6. a~d).

Its egg-mass resembles that of *O. omaensis*. The animal deposited the egg-mass at the bottom of a water vase in our Laboratory in April, 1957. The egg-capsules are connected with each other by a slender canal on both sides, each of which consisting of an inner capsule (0.14mm×0.12mm in diameter) and an outer capsule (0.17mm×0.14mm in diameter). The capsule contains somewhat milkish fluid and one ovum (0.08mm in diameter).

The embryos reach the free-swimming veliger stage (0.16mm across) in about two weeks at a temperature of some 15°C. The floating larva has a comparatively large, black pigmentation, as is the case with *O. omaensis*, but has neither eye nor tentacle.

Siphonaria sirius (Fig. 7. a~c).

Its egg-mass is a gelatinous, cylindrical filament, which is of about two or three volutions, some 5~9 cm long and 3mm wide. The egg-masses closely resemble those of *S. japonica*, and are laid on the surface of stones in tidal zone in July. An ovoid egg-capsule (0.17mm×0.14mm across), which is connected with another capsule by a fine canal on its both sides, contains one ovum (0.1mm in diameter) tinged with pale yellow. The embryo is hatched within a week in the free-swimming veliger stage at a temperature between 25 and 28°C. A hatched larva has a brownish pitted shell (0.10mm×0.16mm across), a large operculum, a two-lobed velum and statocysts, but has neither eye nor tentacle.

前報に引続き其の後観察した結果を報告する。研究方法は前報の通りで、材料は何れも吉見附近の海岸で採集したものである。本文に先立ち、御助言と御校閲を賜わった当所吉田裕博士、並びに親貝の種類同定に当ってその労をお掛けした九州大学波部忠重博士に対し深甚の謝意を表する。

観 察 結 果

1. アカウニヤドリニナ *Rosenia castanea* (DALL) (第1図. a~g).

産 卵：産卵されている場所は親貝が棲息しているアカウニの反口側部表面の棘間、無孔帯である。4, 5個体の小さい親貝（殻高3~4mm程度）により20~30個の卵嚢が産付けられていた。これ等は全て1957年6月下旬及び7月上旬の間に、水産講習所裏の海岸干潮時水深約1m位の所で採集したアカウニだけに見出され、附近で一緒に採れたバフンウニ、ムラサキウニ等には全然見当らなかった。本種は従来日本海側には分布していないものとされていたが、この度日本海側にも棲息していることが判明した。採集時の卵の发育段階は多様で、分割初期のものから初期の被面子期のものまで認められたから、この頃が産卵の盛期であろうと推測する。

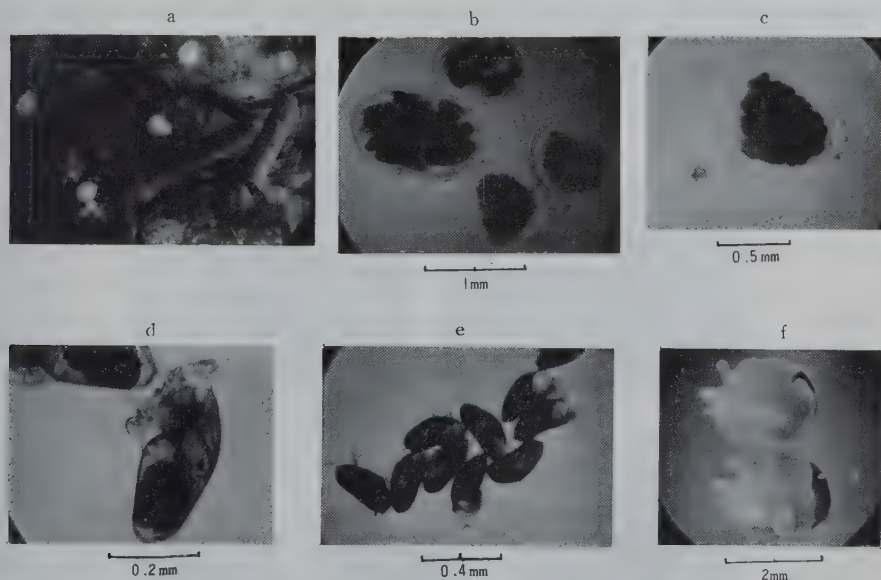


Fig. 1. *Rosenia castanea*(DALL). a, Egg-capsules attached to sea urchin; b, c, separated egg-capsules containing embryos; d, newly hatched veliger larva; e, floating free-swimming veliger larvae; f, parent animals.

卵嚢及び卵：卵嚢は幾分その大きさに変異があるが、短かい柄をもった寒天質状の物質で造られ、透明な楕円球状を呈する。外側嚢は厚く、径約1.0mm×0.9mmで膨らみの厚さは約0.7mm、柄長0.7~0.8mmでこの下端で附着している。内側嚢はごく薄い膜質で時には2嚢存在

する場合もあるが、大部分は1囊でこの中に12~26個の黄色の卵（直径0.16mm）が透明な粘稠液と共に包含されている。通常1~3個の卵囊が近接して附着しているが、何れも親貝に比べて卵囊は比較的大きい。卵囊には特別に用意された孵出孔は見当らない。本種の卵囊はヨーロッパ産の *Pelseneeria stylifera*³⁾ のものとよく似ており、ウニ類の棘間に産出される点も亦同様である。

幼 生：卵の发育経過は、卵囊をウニの表面から取りはずして水槽内で観察した。水温22~25°Cの範囲内では、4細胞期のものは4日後担輪子期、8日後被面子期となる。この幼生は面盤は可成り発達して広がるが周縁の繊毛は比較的短い。面盤の中央部にある2本の触角は太く、根元にある眼は比較的小さい。足部は大きいが平衡胞は鮮明には認められない。更に2、3日経過したものでは面盤は幾分退化するが触角は長大となり、足の前部は発達し、後部は左右に膨大して特異な形状を呈する。足の背部には蓋は認められない。殻の表面は平滑で、发育が進むにつれて次第に濃い茶褐色となり、同時に殻高は殻径に比し著しく高くなって細長い形を示す。12、3日後卵囊の頂部は溶解しそこから被面子が泳ぎ出る。この時の殻の大きさは高さ0.40mm、径0.19mmで、面盤は退化の傾向があり小さくなっているため活潑な游泳運動は行わない。本種の親貝は水面に浮く性質があるが、この被面子も後鰓類や有肺類で筆者が観察したと同様に孵化後水面に浮上してきて表面張力のため、互に連接して浮泛する性質がある。

2. ヒメムシロ *Tritia (Uzita) acutidentata* (SMITH) (第2図. a~e).

産 卵：最干潮線附近に密生するアマモの葉上にキヌボラ、アラムシロ、シラゲガイ等の卵と一緒に多数産付けられている。時には底層近くの荻や、カキの死殻にも産付けられており、ガラス水槽の側面にも産卵した。1957年5月14日には極体放出直後の未分割卵を含めて分割初

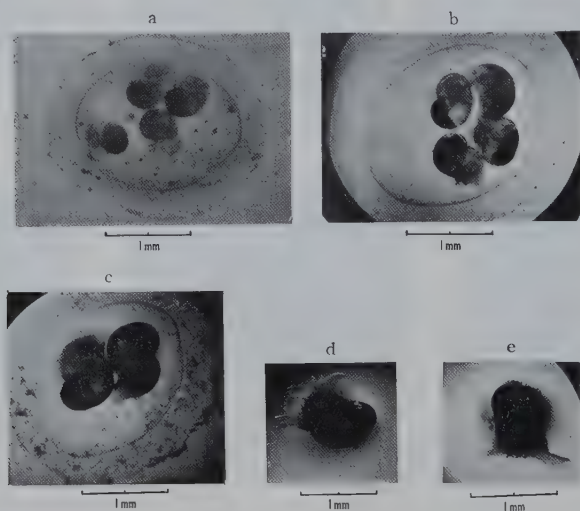


Fig. 2. *Tritia (Uzita) acutidentata* (SMITH). a, Larvae in veliger stage in egg-capsule; b, larvae in metamorphic stage in egg-capsule; c, larvae ready to hatch after metamorphism; d, e, crawling newly hatched larva.

期のもの10個、分割後期のもの19個、初期の被面子期のもの7個が採集された。更に5月20日には水槽中の数個の親貝から9個の産出卵を得た。6月中も引き続き孵化期間が長いと葉面に附着している卵嚢は認められるが、新らしく産出されるものはごく少ない。7月及び8月上旬頃にもカキ殻から15個の卵嚢が見つかったが何れも孵化後のものであった。従って産卵は水温 17°C 前後の5月中が盛期と見られる。

卵嚢及び卵：卵嚢は1個づつ独立的に附着し、通常2, 3箇づつ1個所に見られる。附着面からは比較的剝離し難い。卵嚢は角質性の物質で造られ比較的透明で、一見アラムシロのものと似ており扁平な凸レンズ型を呈するが、列状に産付けられないことと卵数が少なく、大きい点で直ちに区別がつく。その大きさは径 $1.7\sim 2.5\text{mm} \times 1.3\sim 1.7\text{mm}$ 、高さ $0.7\sim 0.8\text{mm}$ で、この中には2~4個普通3個の黄色の比較的大きい卵(径 0.36mm)が透明な粘稠液と共に入っている。孵出孔の大きさは略一定し、径 $0.96\text{mm} \times 0.70\text{mm}$ で幾分楕円形を呈し、嚢壁の傾斜面に位置しこれを挟んでかすかな竜骨が認められる。遊離縁は巾 $0.3\sim 0.5\text{mm}$ で比較的広い。このレンズ型の卵嚢は可成り多くの腹足類で見られるものであるが、*Nassariidae*に於ては、外国産にも報告例を見ないようであり、邦産種ではアラムシロ及び後述するナミヒメムシロ等 *Tritia* に属する3種に過ぎない。然も之等は何れも孵出孔が傾斜し、或は側方に向って開口して他種のレンズ型のものと異なる特徴をもち、筆者の報告した所謂横倒型(アラムシロ型)に属する。

幼 生：卵嚢中の受精卵の発育過程は嚢壁を透してよく観察出来る。室内水槽中で水温 $16\sim 23^{\circ}\text{C}$ の範囲では、極体放出中の未分割卵は1週間後担輪子期、約10日間で被面子初期に達して殻が形成され、面盤、足部等も突出しているが未だ眼点、平衡胞等は明らかに認められない。約2週間後、短い触角の根元には両眼が明らかになり、面盤も大きく広がり、足も発達して根元の平衡胞及び背部の蓋も確認されるに至る。殻色は次第に茶色を帯び水管溝も形成され、殻径 0.65mm 位から体層には縦肋及び螺肋を生ずる。3週間後には殻高 0.76mm 、殻径 0.69mm 位になり、以後約1週間以内に前足部は翼状に広がって、ムシロガイ類の特徴を備え、触角先端も尖り、面盤も消失して変態した後、孵出孔を破って匍い出る。その時の大きさは多少の変異が認められるが、平均殻高 0.96mm 、殻径 0.74mm 約3殻階で蓋は半円形で小さい。体肩部に認められる螺肋数は7~8条で縦肋と共に粗い籠目状を呈する。幼生は顕著な陽の趨光性を示す。

3. ナミヒメムシロ *Tritia (Uzita) dermestina* (GOULD) (第3図. a~g).

産 卵：卵嚢の産付けられている場所は前述のヒメムシロとほぼ同様であるが、アマモの茎の根元近くに附着している。1957年5月14日に採集した卵嚢は初期の被面子に達しているもの2個、後期被面子のもの3個、変態後孵出直前のもの3個、孵化後で、空になっているもの1個でヒメムシロより若干早い時期に産卵が開始されるように見受けられた。然し附近で同時に採集した親貝は5月20日から3日間に8個の卵を水槽の側面に産出した。本種の卵はヒメムシロの卵嚢附近に産付けられているがその数は少なく、又その形もアラムシロのものより一層似ているので、前年の調査ではヒメムシロの卵嚢の変異であろうと見過していたものであるが、今回の調査で両者を明確に区別することが出来た。産卵の盛期もヒメムシロ同様5月中と思われる。

卵嚢及び卵：卵嚢は1~3個位ずつ列状に産付けられている。凸レンズ型ではあるがヒメムシロの卵嚢より更に長い楕円形状(径約 $2.5\text{mm} \times 1.7\text{mm}$)を呈し、底面からの高さも比較的高

く(径1.0~1.5mm)幾分大きい。楕円形の孵出孔(径1.1mm×0.8mm)は側面に向って開口している。内部には3~5個の黄色の卵(径0.31mm)が認められ、卵囊の大きさに比して前種より卵が小さく且つ孵出孔径も殆んど一定していて大きいので区別出来る。附着盤の遊離縁の巾は0.3~0.4mm、囊壁は厚い角質様物質で更に内部には半透明の粘稠液が入っているので囊内の観察はやや困難である。

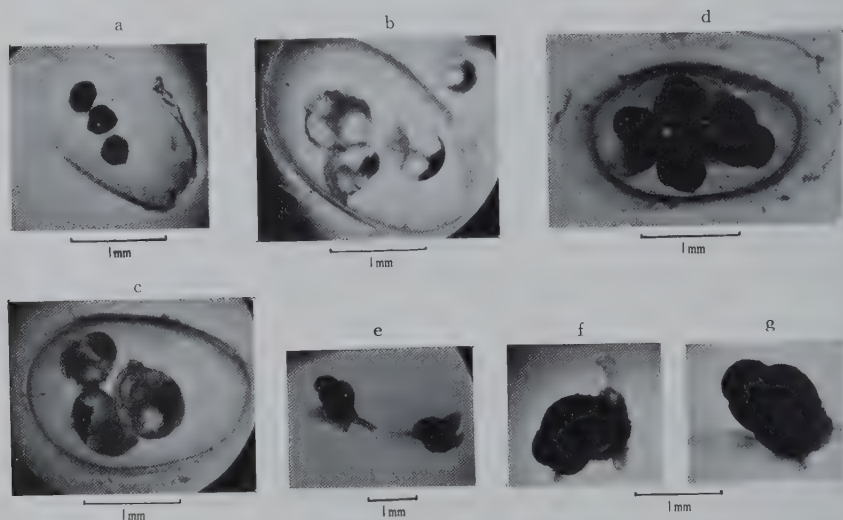


Fig. 3. *Tritia (Uzita) dermestina* (GOULD). a, Embryos in egg-capsule; b, larvae in early veliger stage; c, larvae in middle veliger stage appearing eyes and tentacles; d, larvae in late veliger stage; e, f, g, crawling hatched larva.

幼 生：室内水槽中では、水温16~23°Cの範囲で7~10日間初期被面子となり、2週間後には中期(殻高0.87mm)或は後期の被面子となる。3~4週間後には変態を終えた匍匐幼生が孵出する。孵化直後の幼生の大きさは殻高約1.3mm、殻径0.86mmで約3殻階、体層部には殻径0.80mmの大きさより後に成長した部分に10本内外の螺肋が認められ、顕著な縦肋も出現している。本種の場合ヒメムシロより卵が小さいにも拘らず孵出時の殻が大きいのは囊内の卵と一緒にある粘稠液の栄養が豊富である為めと考える。殻色はヒメムシロより淡い茶褐色で、中には黄褐色のものも認められ、軟体部は殆んどヒメムシロと同様であった。両者の幼生の相異は色彩の他に、本種の方が螺肋が1、2本多く且つ比較的細くて、明瞭な籠口状を呈していない点で区別出来る。更に習性としては、前種では水槽中で水中から匍い出して水面附近の空気に触れる辺りに集まる性質があるに反し、本種ではこのような性質は観られなかった。

4. キヌボラ *Tritia (Uzita) japonica* (A. ADAMS) (第4図. a~g).

産 卵：当所前の海岸大潮時の干潮線附近ではアラムシロ等と同様アマモの葉の中央より先端部に多数の卵囊が産付けられており、動揺する葉上で親貝が産卵しているのも観察した。1955年4月下旬及び、1957年3月中旬より5月中旬に亘って卵囊を採集した。産卵開始は現場

水温 $13\sim 15^{\circ}\text{C}$ で、 $17\sim 18^{\circ}\text{C}$ に上昇する5月下旬頃になると終期になり、卵嚢は殆んど見付からないようになる。即ち盛期は4～5月である。

卵嚢及び卵：半紙皮状物質でつくられている卵嚢は側面から見ると台形を呈し、恰も円錐体の上部を截り取ったような形で高さ約1mmである。下部の附着盤は径 $2.0\sim 2.5\text{mm}$ 、上部の扁平な部分は径約1.2mmで皺が多く、この扁平部の中央より周縁よりに偏った部分に楕円状の孵出孔(径 $0.32\text{mm}\times 0.48\text{mm}$)が認められる。この孵出孔を挟んで一側に偏って不明瞭な竜骨がある。附着盤の遊離縁の巾は $0.3\sim 0.4\text{mm}$ である。1箇所に数個乃至40個位の卵嚢が1～3列となって不規則に排列しているが、多数の卵嚢が互に連接して産出されている場合はその形も甚だ不規則で1つ小型となる傾向が認められる。卵嚢内にはごく薄い内側嚢があり、この中には透明な粘稠液と共に40～80個の淡黄色の卵が存在する。卵の直径は 0.16mm でほぼ上下の2層に重なっている。この卵嚢の型は外観上マルテンスマツムシやムギガイ等の卵嚢と似ているが、孵出孔や竜骨が一側に偏って存在している点では寧ろアラムシロ型に一層類縁関係が深いと考えるのが妥当のようである。

幼 生：産出後間もない未分割卵は 14°C 前後の水温で約1週間で担輪子期となり、約2週間で殻が形成されて初期の被面子となる。この時期では面盤も未発達で両眼は小さく触角も僅かに隆起している程度であり、消化管は薄い紫黒色を帯びる。約3週間後には周縁が紫黒色斑でふちどられた2葉型の面盤を備え、両眼、平衡胞が明らかに認められるまでに発育する。面盤中央部の触角は右側が左側よりやや大きく、殻(径約 0.32mm)の表面には条線状の微粒が散布し

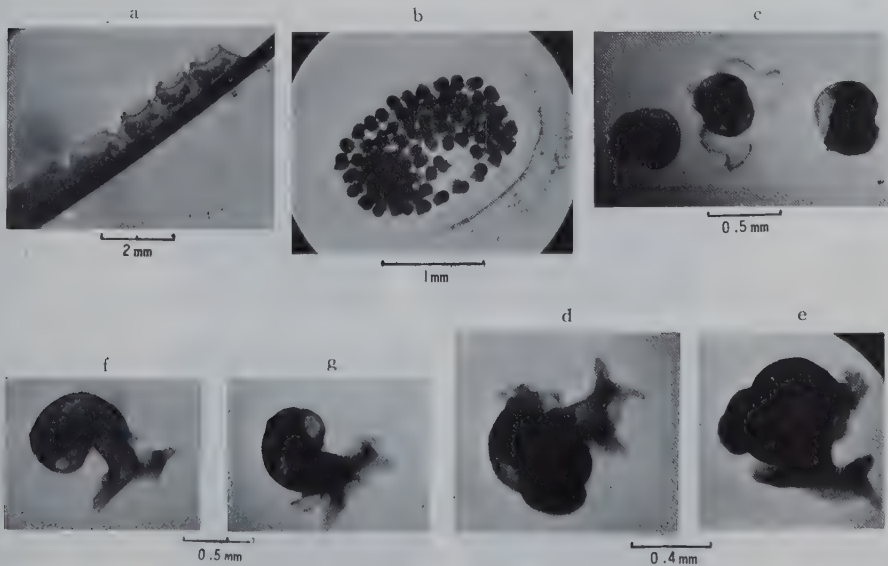


Fig. 4. *Tritia (Uzita) japonica* (A. ADAMS). a, Lateral side view of egg-capsules laid on *Zostera* leaf; b, embryos in egg-capsule; c, free-swimming veliger larvae, 16 days old; d, e, larva in metamorphic stage; f, g, crawling larva, after metamorphism.

ている。本種の幼生の諸形態はアラムシロのものに酷似しているが、これよりも殻の表面の微粒がやや粗大なこと、殻色の黄色が濃く、内臓の色素特に消化管の紫黒色が淡くて比較的不鮮

明である点等で識別される。幼生はこの時期に孵化する。孵化後約10日間で殻径0.48mmとなり、面盤は4葉型を呈し、径0.55mmでは前足部が翼状に発達して時々匍運動を行うようになる。約22~24日後殆んど変態を完了して底棲生活に移る。この時の大きさは殻高0.66mm、殻径0.57mmである。

5. アワジクチキレモドキ *Odostomia (Evalea) omaensis* NOMURA (第5図. a~d).

産 卵：1957年6月1日、吉見附近で採集したサザエの中、その2、3個体には体層部特に排出部附近の殻上に数個の卵塊が産付けられていた。同時にその産卵部位附近の殻表からは、ここに寄生的に棲息している本種の10数個の小型の親貝が見出された。実験室内の水槽中でも3日後2個の卵塊が産み出された。サザエの殻表上の卵塊には2細胞期の産卵後間もないと思われるもの及び被面子期のもの等夫々发育段階の異った卵塊が認められた。従って産卵期は5月から6月に亘るものと考えられる。

卵塊及び卵：卵塊は透明なゼリー状の物質で造られ何れも約5mm立方位の不規則な小塊である。これ等は附着面に粘着していて容易には割がれない。このゼリー状塊の中には比較的まばらに卵が埋まって存在する。卵嚢は透明な鶏卵状で内外の二重嚢で構成され、内側嚢(0.12mm×0.15mm)の両端からは非常に細かい管が出ていてこれで互に連繫している。この内側嚢の中には夫々淡黄色の1個の卵(径0.06mm)と幾分顆粒状を呈する黄色を帯びた乳白色の粘稠液とが入っている。即ち卵嚢は個別に存在するのではなく、1本の管に多数のくびれが生じた状態のもので、これに類似の例は海産有肺類のハワイ産 *Peronia* sp.⁵⁾、本邦産のカラマツガイ¹⁾等がある。

幼 生：水槽中に産付けられた卵は水温16~23℃の範囲では7時間後に4細胞期(大割球

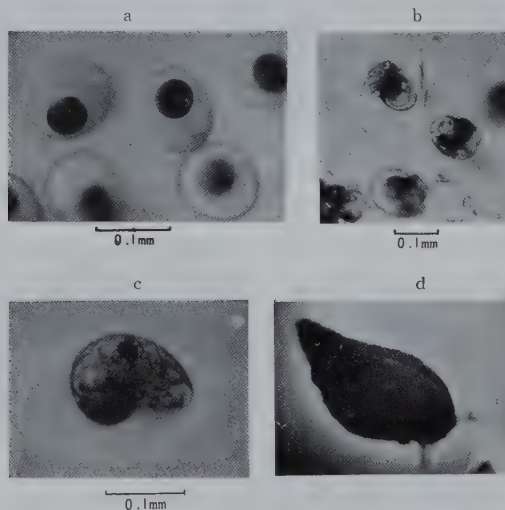


Fig. 5. *Odostomia (Evalea) omaensis* NOMURA. a, Egg-capsules and zygotes; b, veliger larvae ready to hatch; c, free-swimming veliger larva; d, parent animal.

2, 小割球2), 24時間後には胞胚期に達し3日目に担輪子期となり悠やかに卵嚢内で廻転し始める。5日目には幼殻が出現する。この初期被面子は面盤や足部も幾分発達しており, 2個の平衡胞, 蓋等も観察され, 右側による排泄器は既にうすく黒色を帯びている。この時期には前述の卵嚢内に包含されている粘稠液はごく少量存在するに過ぎない。幼生の運動は次第に活潑となり, 8日目には約半数が卵嚢を破って孵化し, 翌日には全部孵化した。孵化幼生の殻はほぼ透明で平滑, 径約0.15mmで肝臓部はやや濃い黄色, 排泄器は大きくて極めて鮮明な黒色を帯びる。足部は広くその後端は鈍三角形状を呈しその脊部の蓋は大きい。2葉型の面盤には比較的長い繊毛がその周縁に認められ, 中央附近の触角及び眼点は認められない。被面子の排泄器官部が, このように著大な黒色斑として認められる例は, *Pyramidellidae*, *Philinidae* 等に属する種類で既に知られている。本種の孵化幼生はカラマツガイ等のように殻内にガスを分泌して水面に浮上する性質がある。

6. クチキレモドキ *Odostomia desimiana* DALL et BARTSCH (第6図. a~d).

産卵：本種の親貝は下潮線附近のアマモの葉上で採集したが, 産卵の状態は確認出来なかった。然し1957年4月7日, 実験室内の水槽の底に, 採集した1個の親貝が既に受精されている卵を産みつけたので, 恐らくこの頃アマモの葉上で産卵するものと思われる。

卵塊及び卵：卵塊の大きさ, 形状は甚だ前種に類似し, ゼリー質の約5mm立方の不規則な卵塊であり, 中にある卵嚢の状態も亦前種とほぼ同様である。即ち卵嚢は内側嚢の大きさ0.14mm×0.12mm, 外側嚢は0.17mm×0.14mmで幾分長い楕円形状を呈し, 黄白色の卵は径0.08mmで粘稠液の性質も前種と大体同様である。幼胚の発育が進むにつれて卵嚢は, 幾分膨大す

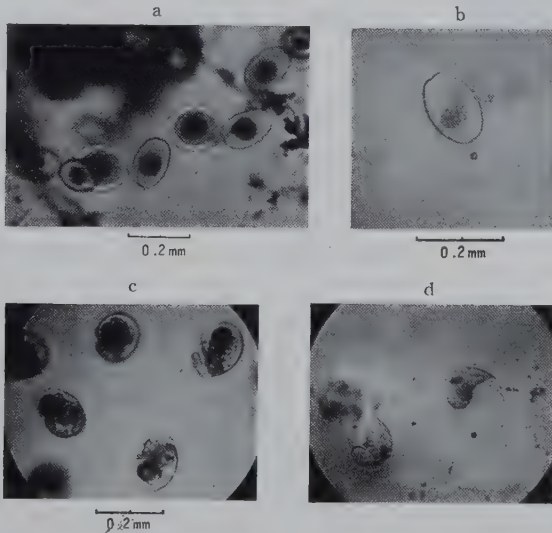


Fig. 6. *Odostomia desimiana* DALL et BARTSCH. a, b, Egg-capsule and zygote; c, veliger larvae ready to hatch; d, free-swimming veliger larvae.

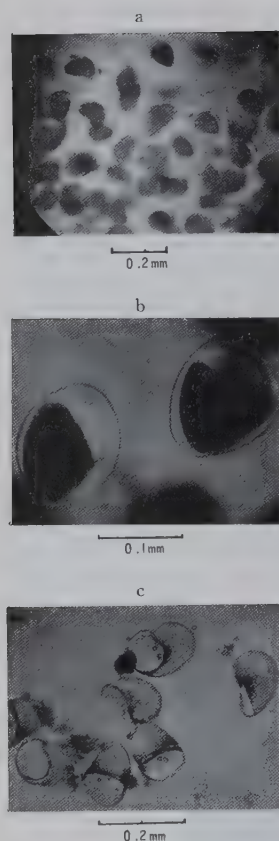


Fig. 7. *Siphonaria sirius* PILSBRY. a, b, Veliger larvae in egg-capsules; c, shells of free-swimming veliger larvae.

面から見ると殻の後方は三角形に尖っていてカラムツガイのものとは可成り著しく相異なる。内臓部は黄褐色で、2葉型の面盤及び大きい蓋が認められるが、両眼及び触角は認められなかった。このように同属種で形態が極めて似ている卵塊から孵化した被面子の殻の色彩や彫刻が相異しているのは稀である。

る。卵囊が細管で相互に連繫されている点も前種同様である。

幼 生：水温約15°C位では約10日間で幼殻が出現し約2週間後活潑に運動する幼生が孵化した。孵化幼生の殻は径0.16 mm、平滑で軸部にやや濃い褐色を帯びている他は透明である。面盤は2葉型、平衡胞及び蓋は認められるが、触角及び眼は認められない。肝臓部は橙黄色、排泄器は幾分褐色を帯びた黒色で著しく明瞭である。孵化後3週間を経過して殻径約0.22 mmに達しても尙変態期には至らなかった。前種ほど顕著な浮游性は認められないが、若干のものは水面に浮上する。

7. キクノハナガイ *Siphonaria sirius* PILSBRY (第7図, a~c).

産 卵：1957年7月15日水産講習所裏の石の多い海岸で産卵中の親貝を発見した。干潮線附近の石の表面には数個の卵塊が認められ、これ等は分割初期のもの2個、分割後期及び担輪子期のもの3個、初期被面子2個であった。親貝は水槽中でも産卵した。附近に棲息する同属のカラムツガイが2~5月の水温16~19°Cの低い温度で産卵するに対し、本種では海岸でも水温は26°C前後で高く、7月中卵塊が認められる。

卵塊及び卵：ゼリー状物質でつくられている卵塊は、カラムツガイのものに酷似しているが、これよりも若干細い渦巻形の管状(径約3 mm)を呈しその長さは5~9 cmである。親貝は内側に向って2~3回左旋回しながら卵を産出する。卵囊は透明な内外の二重囊状を示し、外側囊はやや不鮮明である。鶏卵形状の内側囊は鮮明で径0.16~0.18 mm×0.13~0.15 mmを示し互に細管で連繫されている。この中には淡黄色の卵(径0.1 mm)が各1個、透明な粘稠液と共に包含されている。

幼 生：幼胚は実験室内の水温25~28°Cの範囲内では1週間以内に全部孵化した。孵化直後の被面子は、幾分濃い茶褐色を帯びた粗面状の殻(径0.10 mm×0.16 mm)をもち、腹

文 献

- 1) 網尾 勝 : 1955. 二三の海産腹足類 (Pulmonata, Opisthobranchiata) の卵並びに仔貝の浮遊性について, 本報告, **4**(2).
- 2) ————— : 1957. アラムシロ *Tritia(Hinia)festiva*(Powys), ムシロガイ *Nassarius livescens* (Philippi) の卵囊及び孵化幼生に就いて, 本報告, **6**(2).
- 3) ————— : 1957. 海産腹足類の卵仔に関する研究—1. カニモリガイ他本報告, **7**(1).
- 4) KURODA and HABE : 1952. Check list and bibliography of the recent marine mollusca of Japan. Zool. Inst. Kyoto Univ.
- 5) LEBOUR, V. M. : 1937. The eggs and larvae of the British prosobranchs with special reference to those living in the plankton. Jour. Mar. Biol. Assoc. United Kingdom, **22** pp. 105~166.
- 6) OSTERGAARD, J. M. : 1950. Spawning and development of some Hawaiian marine gastropods. Pacific Science, **4**(2).
- 7) THORSON, G. : 1946. Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. Medd. Komm. Danm. Fisk. og Havunders. Ser. Plankton, **4**(1).

ヨウジウオの生殖、発生および 稚魚について*

高井 徹・溝上 昭男

On the Reproduction, Eggs and Larvae of the Pipe Fish,
Syngnathus schlegeli KAUP

By

Toru TAKAI and Akio MIZOKAMI

The authors have made observations on the ecology of the spawning season and the growth of larvae of the pipe fish, *Syngnathus schlegeli* found in the Sea of Suo located in the western part of the Inland Sea of Seto.

The results attained are as follows:

- 1) The spawning season seems to extend from March to June.
- 2) The eggs are ellipsoidal in shape. Mature unfertilized ones are about 0.88—1.32mm long and 0.76—1.10mm wide, while fertilized ones are about 1.16—1.36mm in length and 0.88—1.12mm in width.
- 3) The number of ovarian eggs, 16.9—23.3cm in total length, is 250—1919, and the number of eggs in the marsupium, 14.2—24.3cm in total length, is 207—1375.
- 4) Newly-hatched larvae are about 7 mm in length. They absorb the yolk in about 6—10 days after being hatched and emerge from the marsupium of the male fish.
- 5) Young ones of the fish, which have emerged from the marsupium of the male, are 9.62—10.15mm long with their pigmentation developed along the ventral side of the abdomen except in the back of the body. Seven (7) cross-bands are seen between the dorsal fin base and the caudal peduncle.
- 6) In 14 days after being hatched, young ones of the fish attain the length of 12.20 mm with their pigmentation displaying at the back of the body.

ま え が き

ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* は北海道以南の本邦各地及び朝鮮西海岸に分布し⁵⁾, *Syngnathus cariforniensis*,¹⁾ *S. spicifer*²⁾ その他多くのヨウジウオ科 *Syngnathidae* と同じように特異な産卵習性をもっている^{7) 8) 9)}。周防灘水域では3月中旬頃から6月にかけてごく沿岸で船曳網、曳網などに多数羅網するが、恰度この期間が産卵期で、雄魚の育児嚢には受精卵や孵化仔魚がみられる。著者等はこの特異な産卵習性をもつヨウジウオの生殖生態、発生及び稚魚について観察した。

* 水産講習所研究業績 第264号, 1959年2月16日 受理

本文に入るに先だち御教示をいただいた木所教授松井魁博士、採集や飼育に協力された田名臨海実験実習場吉岡俊夫、河村信一両氏に厚く御礼申しあげる。

実験の材料および方法

供試魚は1958年3月初旬から6月下旬までの期間、田名臨海実験実習場の調査船で山口県熊毛郡平生町沿岸及び馬島周辺水域で採集した。採集した魚の一部はホルマリン10%溶液で固定し、他は飼育水槽に収容して親魚の習性、卵発生及び孵化仔魚の发育状態の観察に供試した。なお卵発生及び育児嚢中での仔魚の成長は適時育児嚢から摘出して調べ、また育児嚢を離れた稚魚の成長については親魚と共に収容すると、それに捕食されるように思われたので別に木製水槽(12×14×40cm)に収容して観察した。

1 成魚の全長組成及び性比

3月初旬から6月下旬に出現する成魚の全長組成は雌では16.9~23.2cm、雄では14.6~25.5cmで最も高率に出現する範囲は前者では20.0~23.0cm、後者では19.4~20.7cmである。更に全体の平均全長は雌20.63cm、雄20.24cmで僅かに雌が大きい。性比は調査尾数143尾中、雌28.0%である。

2 生殖生態

3月中旬に採集した標本では既に抱卵した雄魚がかなり出現し、また6月下旬に採集した標本では雌の卵巣は殆んどものが萎縮しているが、雄では孵化仔魚をまだ育児嚢にもっているのが認められる。従って周防灘中部水域に棲息するヨウジウオの産卵期はおおよそ3月から6月にわたるようである。しかし岡田等(1935)⁵⁾は産卵期を夏としているので地方による産卵期の遅速があるものと推定される。

雌の完熟卵巣(第2図)は前方が細く、後方は著しく膨れている。また左右両葉は略同じ長さで左右両葉は卵巣後端よりおおよそ $\frac{1}{3}$ の部分で交叉する(第2図)。然し未発達卵巣の各葉は交叉せず、左葉が右葉より長く左右両葉は後部で合し、その後端は下方で輸卵管に連絡する。

成熟した未受精卵はやや楕円形を呈し、その長径は0.88~1.32mm、短径は0.76~1.10mmで淡黄色の油球が卵黄外層に多数存在する。卵卵数は供試

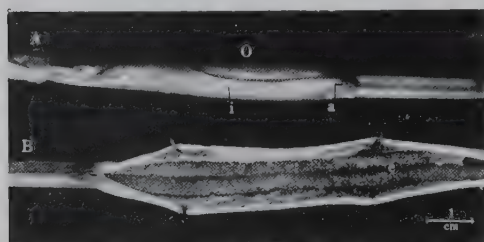


Fig. 1. The mature ovary (A) and the fertilized eggs in the marsupium (B). a, anus; e, eggs; i, intestine; o, ovary.

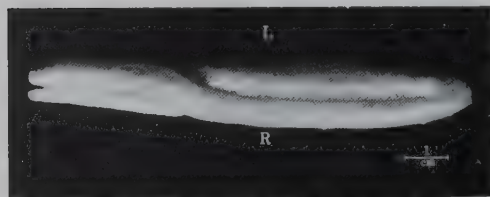


Fig. 2. The mature ovary of pipe fish, *Syngnathus schlegelii*. L, left ovary; R, right ovary. Scale represents 1 cm.

範囲で約250～1919粒である(第1表)。

Table 1. Number of ovarian eggs of pipe fish, *Syngnathus schlegeli*.

Specimen number	Total length (cm)	Left ovary		Right ovary		Total number of eggs
		Length (cm)	Number of eggs	Length (cm)	Number of eggs	
1	16.9	2.5	115	2.9	135	250
2	18.5	3.9	663	4.3	672	1335
3	19.1	2.9	538	3.6	621	1159
4	20.2	4.9	953	4.9	966	1919
5	22.7	4.0	584	4.9	615	1199
6	23.3	3.8	512	4.8	569	1081

供試標本がすべて抱卵中のもので、すでに精巣は著しく萎縮しており、精巣の前部約1/4の所がくびれ、彎曲している点から卵巣と同じく放精前の完熟精巣の左右両葉は交叉するものと考えられる。また両葉の後部は合し、輸精管がその後端下面に連絡して、育児嚢の前部に開口している。受精卵は育児嚢内で中央の皮褶を境として左右に分れ、各々は胎盤状組織に吸着している(第1図)。

Table 2. Number of eggs in the marsupium of pipe fish, *Syngnathus schlegeli*.

Specimen number	Total length (cm)	Length of marsupium (cm)	Total number of eggs
1	14.2	5.5	207
2	19.4	7.3	806
3	19.8	7.4	1198
4	21.6	8.4	1076
5	23.5	8.8	1069
6	24.3	9.4	1375

これらの卵は未受精卵同様に楕円形を呈し、その長径は1.16～1.36mm、短径は0.88～1.12mm、未受精卵より稍々大きい。育児嚢内の卵数は個体によって可成り差がある(第2表)。同一の育児嚢内の発生段階の著しく異った卵群が認められること及び稚魚の産出が数日にわたって反復されることから受精は内田(1932)の報告と同様、数回にわたって行われるものと推察される。

3. 卵発生及び成長

1) 発生(第4図a～c)

供試卵は1958年5月9日に採集した全長2.05cmの雄の育児嚢に存在する卵で、その長径は1.22～1.33mm、短径は0.92～1.08mmの卵群で、発生段階はすでに眼胞形成期のものである(第4図a)。この雄を水温15°～18°Cの飼育水槽に収容し、毎日数個を摘出して観察した。

2日後(5月11日)に眼球、5日後(5月14日)に耳胞、7日後(5月16日)に耳石、胸鰭の原基および眼球の周辺に黒色素が出現した(第4図b)。さらに8日後(5月17日)には吻端

部に黒色色素が現われ、背鰭および胸鰭が明瞭になった(第4図c)。9日後(5月18日)に孵化が始まり育児嚢の前部は橙黄色から淡黒色に変化した。

2) 仔 魚 (第4図 d~e)

眼胞形成から9日後に孵化した仔魚の全長は7.86mm, 筋節数は $20+40=60$ で, 11は開口し

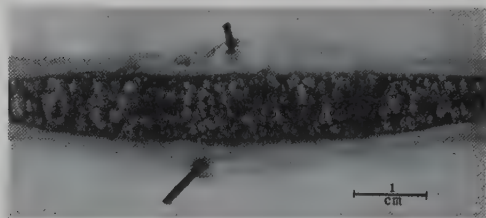


Fig. 3. Hatched larvae of pipe fish, *Syngnathus schlegeli* in the marsupium.

油球は癒合して減少し, 卵黄下側に数個存在する。背鰭鰭条は33条でまだよく発達しない同時に尾鰭にも軟条の放射が認められる。黒色色素は11の周辺および腹部にかなり分布する。しかし背部にはまだ発達しない。肛門の後方約4mmの間及び体の背部に鰭膜状のものが走る(第4図d)。

孵化後2日(5月20日)で全長8.00

mmに成長し吻は僅かに突出し, 卵黄は80%吸収され, 卵黄上縁の腹部及び尾部の下縁に黒褐色の色素が発達し, 背鰭基底にはかなり幅広い第1の横帯が形成され, 更にそれより後方の尾柄までの間に6つの横帯が出現する。これら6つの横帯は第1の横帯より巾が狭い。消化管は体腔上壁から離れて卵黄中を通り後方に直送する(第4図e)。

3) 稚 魚 (第4図 f~h)

孵化後6~10日で殆んど卵黄を吸収し, 仔魚は育児嚢から離れる。該期の全長は9.62~10.15mmで, 形態は中村(1935)²⁾の記載と一致する(第4図f)。稚魚は水中を自由に游泳する。

孵化後11日(5月28日)で全長10.6mmに成長する, その稚魚の形態は体幹腹部に黒褐色の色素が発達し, 吻はやや延長し, 各横帯も巾が増加する。体幹背部に体輪が約20輪また尾部は色素が発達し明瞭でないが約40輪が認められる(第4図g)。

孵化後14日(6月1日)には全長12.20mmに成長し, 体輪背部及び尾部はかなり色素が発達し, 体輪は尾部のものを除いて明瞭になる。尾部の下縁にはまだ鰭膜状のものが認められるが, 背部では消失する(第4図h)。

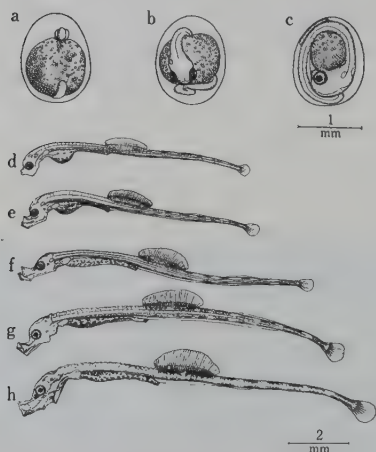


Fig. 4. Developing eggs, larvae and juveniles of pipe fish, *Syngnathus schlegeli*.

- a) Observation on May 9, 1958, eye vesicle format.
- b) 7 days after, otolith and pectoral fin formation, melanophoses appear on the eye vesicle.
- c) 8 days after, melanophoses appear on the snout, dorsal and pectoral fins clear.
- d) Newly-hatched larva, 7.86mm. in total length.
- e) Larvae 2 days old, 8.00mm. in total length.
- f) Juvenile, 8 days after hatched, to be produced from the marsupium, 9.67mm. in total length.
- g) Juvenile 2 days old, 10.60mm. in total length.
- h) Juvenile 6 days old, 12.20mm. in total length.

摘 要

- 1) 周防灘におけるヨウジウオの生殖生態および仔、稚魚について観察した。
- 2) 産卵期は3月から6月にわたるようである。
- 3) 卵はやや楕円形で、成熟した未精卵は長径0.88~1.32mm、短径0.76~1.10mmで、受精卵は長径1.16~1.36mm、短径0.88~1.12mmである。
- 4) 雌の卵数は全長が16.9~23.3cmのもので250~1919粒、雄の育児嚢に存在する抱卵数は全長が14.2~24.3cmのもので207~1375粒であった。
- 5) 孵化直後の仔魚の全長は7mm前後で、孵化後約6~10日を経て卵黄を吸収し、育児嚢から産出される。
- 6) 育児嚢より産出された稚魚の全長はおよそ9.62~10.15mmで、色素は体腹部の側面にそって発達するが、体幹背部には分布しない。背鰭基底より尾柄までに7つの横帯がみられる。
- 7) 孵化後14日で全長12.20mmに達し、体幹背部に色素が発現する。

参 考 文 献

- 1) HERALD, E. S. : 1941. A systematic analysis of variation in the western American pipe fish, *Syngnathus californiensis*. Stanford Ichthyol. Bull., 2 (3), pp. 49~73, figs. 1—12.
- 2) 松原喜代松 : 1955. 魚類の形態と検索 (I, II, III). 石崎書店.
- 3) 中村 秀也 : 1935. 小湊附近に現われる磯魚の幼期(その八). 養殖会誌, 5 (3, 4), pp. 35—44, fig. 39~49.
- 4) NORMAN, J. R. : 1931. A History of Fishes, London.
- 5) 岡田弥一郎, 内田恵太郎, 松原喜代松 : 1935. 日本魚類図説, 三省堂.
- 6) 末広 恭雄 : 1952. 魚類学, 岩波書店.
- 7) 内田恵太郎 : 1932. 魚類, 円口類, 頭索類, 岩波講座生物学, 岩波書店.

トラフグの漁業生物学的並びに 養成に関する研究—I* 池 中 養 成 に つ い て

高 井 徹・溝 上 昭 男・松 井 魁

Study on the Fisheries Biology and Culture of the Puffer,
Fugu rubripes (TEMMINCK et SCHLEGEL)—I.
On the Pond-culture of the Puffer

By

Toru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI

Utilizing the tidal pond at Umashima, Yamaguchi Prefecture, the authors have conducted experiments on the culture of the puffer. The results obtained are as follows.

- 1) In the pond are found in plenty large-sized faunas, such as *Pisces*, *Macrura*, *Brachiura*, *Liamellibranchata*, *Gastropoda*, *Octopoda*, *Polychaeta* and *Stomatopoda*. But no remarkable differences can be seen between these faunas in the pond and those in the outside sea.
- 2) The pond is neither deep nor large in area, surrounded by a flat land. Nothing shelters it with little or no water flowing into it. So the temperature of the pond-water is very much at the mercy of its environment. Such being the case, the pond is very far from being a good place for the culture of puffers.
- 3) The fish begin to take food in 4—15 days, when the anchovy, *Engraulis japonica* is given to them as food.
- 4) The tide (ebb, flow and stopping tide) seems to have much to do with the fish taking food and sailing about.
- 5) The effect of feeding the fish in the pond is indicated by the "decreasing rate", as shown in Table 6 and 7, except the 1st pond in Experiment No. 1.
- 6) In 10 days after the fish being stocked in the pond, some changes are brought about in the color of the fish, the dark blue color in the back of the fish turns light blue. In the pond, the bottom ground of which is deep brown, the fish become light brown in color.
- 7) The moderate temperature for the fish to live in can be estimated, as shown in Table 6.

* 水産講習所研究業績 第265号, 1959年2月16日 受理

ま え が き

トラフグの生態及び増殖学の分野における既往の業績は少なく、生活史についてUno(1955)、藤田(1957)、池中養殖について日下部(1957)、梅本と前川(1957)らの報告がみられるに過ぎない。

山口県牛島漁業協同組合は1954年4月以来、冬期の需要に応ずる目的で、夏期に周防灘水域で漁獲される本種を山口県田布施町馬島大浦池に放養し、その事業化を企図した。

著者等は1955年4月から上記池中の環境、放養魚の生態観察及び蓄養的飼育実験を試み、游潮池における放養魚の摂餌、体色の変化、游泳及び埋没、環境の変化に対する抵抗性、短期養成の可能性などについて検討し、二・三の知見を得たので報告する。

本実験に関して御助言を賜った山口県内海水産試験場長前川兼祐氏、実験に御協力を下さった田名臨海実験実習場吉岡俊夫、河村信一の諸氏に深謝する。

実験の材料及び方法

飼育実験は大浦池の最深部において、水深がほぼ一定した場所(平均水深1.50~1.60m)に網目径2.2cmの金網を使用して、表面積4×20mの実験池3箇所を設置した。実験期間は1955年10月30日から12月4日(実験Ⅰ)、1956年8月17日から12月10日(実験Ⅱ)である。

飼育成績は増重倍率(W)及び減重係数(D)で評価した。

$$W = \frac{w_1 - w_0}{w_0}, \quad D = \frac{w_0 - w_1}{w_0}$$

但し w_0 は放養時の体重、 w_1 は放納時の体重とする。

供試材料は種苗としての適否を検討するため漁具別に放養した。即ち実験Ⅰでは延縄によって漁獲されたもの、実験Ⅱは建網または小型機船底曳網で漁獲されたもののうちからいずれも漁獲操作及び運搬などによって損傷したもの、または疲労等活力の低下したものを除外した。このことは現在の漁獲操作を経て集荷されたものでは、市場調査によると、盛漁期において蓄養後1~5日で40~80%の死魚があり* 冬期まで養成するに適した種苗は極めて少ない。依って種苗の抽出方法として蓄養生簍で2~5日を経過するものから次の諸点を考慮して選出した。

1) 歯及び口腔に損傷のないもの。

本種は肉食性で両顎歯の先端は鋭く、時に共喰いの性質があるので、従来漁業者は商品価値の低下を防ぐ一方法として、捕獲後多くは両顎各側の歯を除去している。これらの魚体は活力の低下、摂餌に関係し、養成魚には不適当であると考えられるので一次的に除外した。

2) 魚体の外部に損傷のないもの

共喰い或は漁撈操作によって、胸鰭、尾鰭などに傷のあるもの、また鰓孔周辺、吻部に損傷のあるものは除外した。

3) 游泳力が減退していると思われないもの。

4) 生管内にあって、中層以下に位置し、游泳中のもの。

* 山口県牛島漁業協同組合麻里府魚市場揚リフグ集計

5) 釣針が消化器管に残っていないもの

上記の選別方法によって得た供試魚の全長及び体重を第1表に示した。

Table 1. Showing the total length and the body weight at the time of stocking in each experiment.

Experiments	Pond	Fish number	Total length (cm)			Body weight (g)		
			Range	Mean value	Standard deviation	Range	Mean value	Standard deviation
I	1	5	31.30~33.50	31.80	0.75	460~580	510	46.03
	2	5	30.60~33.00	31.80	0.75	400~580	496	62.40
	3	5	30.00~32.40	31.10	0.68	420~520	468	37.00
II	1	10	41.00~48.50	44.71	2.63	1120~1920	1595	32.80
	2	10	25.00~35.20	28.10	3.98	400~562	442	54.05
	3	10	24.30~32.50	28.66	2.65	240~682	432	35.76

水温に対する抵抗試験は実験Ⅰで供試した5尾を1955年10月4日から1956年2月15日まで大浦池の実験池に放養して観察し、さらに径42cmの大型シャーレーに止水環境を作り、これに6日間、12~16°Cの水温範囲で飼育した9尾を1尾ずつ収容し、5分間に2°C水温を上昇または降下させ測定した。

餌付けにはカタクチイワシ *Engraulis japonica*, サバ *Scomber japonicus*, マイワシ *Sardinella melanosticta* を用い、餌付け後は底曳網の漁獲から得られた雑魚及び甲殻類(第2表)を主として投与した。実験Ⅰは底層に接した懸垂投餌*, 実験Ⅱは散布投餌とした。

Table 2. The sorts of food given to the cultured puffer, *Fugu rubripes*.

Sorts	Japanese name	Scientific name
Pisces	Kurakakegisu	<i>Neopercis sexfasciata</i>
	Okihiragagi	<i>Leiognathus rivulatus</i>
	Genko	<i>Areiliscus interruptus</i>
	Tengikudai	<i>Apogon lineatus</i>
	Ganzobirame	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>
	Shimaushinoshita	<i>Zebrias zebrinus</i>
	Kuroushinoshita	<i>Rhinoplogusia japonica</i>
	Hotaruzako	<i>Acropoma japonicum</i>
Macrura		<i>Metapenaeopsis</i> spp.
Brachiura	Futahosiishigani	<i>Charybdis bimaculata</i>

実 験 結 果

1. 養 成 池

養成池(大浦池)は田名臨海実験場より約2哩の位置にあたる長径約1.8kmの小島にあり、約33058m²の面積を有し、東側、南側及び北側は幅6mの堤防で外海と接する。池底の性状は大部分砂泥質、一部分が泥質及び砂質である。

* 巾45cm, 深さ10cm, 長さ45cmの木製籠を使用し底層に垂下した。

水深は潮汐が関係する。大潮時及び小潮時の池中水位について、前者を1955年12月29日～30日、後者を1956年2月4日に調査した結果は第1図の通りである。

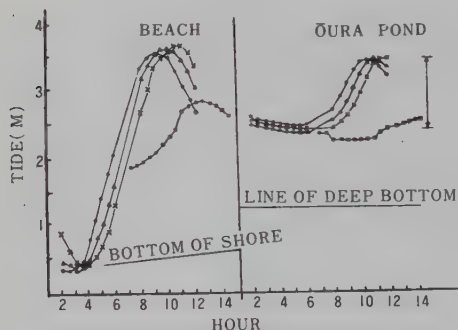


Fig. 1. The level of waters in both culture-pond and beach, at the time of major and lower tide.
●, Dec. 29, 1955; ▲, Dec. 30; X, Dec. 31; ■, Feb. 4, 1956.

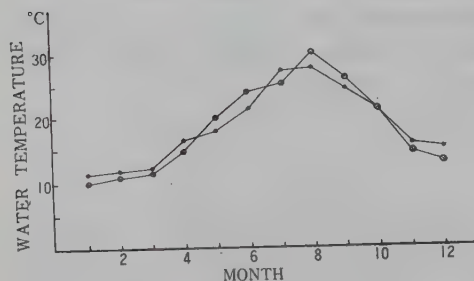


Fig. 2. Variation of the water temperature in the Umashima beach. ●, outside beach; ○, inside beach.

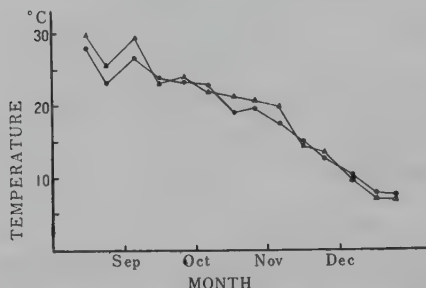


Fig. 3. Relation between the water temperature in the culture-pond, and the atmospheric temperature. ●, water temperature; ▲, atmospheric temperature.

即ち大潮時の池中水位は最大潮位差約102cm、小潮時は約29cmである。したがって小潮時の最深部の水深は2mで、極めて浅い。

干満による池水の流動量は大潮時に大きく、小潮時には水門がなく止水状態を呈する。池中水温は水深が浅く、而も面積が狭少であり、且つ周辺地形が平坦で遮蔽物がなく、第2図及び第3図のように自然の気象に左右されやすい。即ち夏期は著しく高温に、冬期は低温に偏し、且つ日中変化が激しく、特に干潮時に沿岸水と顕著な差を生じ、一般養殖池にみられる不適条件をそなえている。

池中に自然繁殖する動物は比較的豊富で、大型のものでは魚類 *Pisces*、八腕類 *Octopoda*、口脚類 *Stomatoda*、カニ類 *Brachiura*、ヤドカリ類 *Anomura*、エビ類 *Macrura* 二枚貝類 *Lamellibranchiura*、巻貝類 *Gastropoda*、多毛類 *Polychaeta*、ナマコ類 *Holotheroidea* が棲息している。なかでも魚類は優占的で第3表のように浅海性有用種が含まれている。これらの魚類及び他の動物は注水口に近い堤防外側の水域で極めて普通にみられるもので、特に魚類は注水口及び決壊箇所から漲潮時或は満潮時に自由に出入するのが観察される。

池奥部にはニクハゼ *Chaenogobius heptacanthus* などが多いが、生物の棲息場として外部水域のそれと著しい差のないことを示している。

2. 生態

a) 摂餌

本種の両顎各側の歯は極めて鋭く、且つ咽喉、食道、胃及び腸などの各消

Table 3. Showing the species of fish in the Ōura pond.

Japanese name	Scientific name	Amount
Dorome	<i>Chasmichthys gulosus</i>	c c
Kyūsen	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	c c
Bora	<i>Mugil cephalus</i>	c c
Suzihaze	<i>Rhinogobius pflaumi</i>	c
Sayori	<i>Hemiramphus sajori</i>	c
Unagi	<i>Anguilla japonica</i>	c
Kurodai	<i>Mylio macrocephalus</i>	+
Suzumedai	<i>Chromis notatus</i>	+
Kawahagi	<i>Monacanthus cirrhifer</i>	+
Kusafugu	<i>Fugu niphobles</i>	+
Oniokoze	<i>Inimicus japonicus</i>	+
Ukigori	<i>Chaenogobius urotaenia</i>	+
Asahianahaze	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	+
Konosiro	<i>Konosirus punctatus</i>	R
Ginpo	<i>Enedrias nebulosus</i>	R

化器管の各壁は強靱な組織よりなり、貪食性の特徴を示す。

胃内容物などの食性に関する詳しい報告がないので、麻里府魚市場* 所属のフグ加工場において、消化管内容物を調べた結果、殆んど空虚或いは消化の状態で、僅かに残渣物から魚類の骨骼(とくに脊椎骨、頭骨片)、カニ類エビ類の甲殻片が得られた。その出現率はエビ類が32.5%，魚類が26.0%，カニ類が21.9%である。これらの種組成は消化状態で全く判らないが、周防

灘の底棲物の優占種は標兆種として *Metapenaeopsis spp.*、フタホシイシガニ *Charadis bimaculata* があげられるから、おそらくこれらを多く捕食しているものと推察される。

放養魚の摂餌状態をみるとカタクシイワシ、サバ、マイワシなどは好餌料であるが、カニ類、小型底曳網で漁獲され、死後5～30時間のエビ類は摂餌率が低い。また底曳網で漁獲され、小雑魚として取扱われている底魚類はその儘では摂餌率は低い。

餌付け餌料による摂餌開始**は実験Ⅰで放養後12日～15日、3号池では12日、Ⅰ及び2号池では15日で、摂餌開始後5～10日で第2表に示す餌料に換えた。

実験Ⅱでは1号池において4日、2号池9日、3号池12日で摂餌を開始した。秋期までの捕食は良好で、全く捕食されなくなったのは実験Ⅰでは12月4日、実験Ⅱでは12月10日で該時期の池中水温は14℃前後である。池水の流動と摂餌の関係は池水流動時に投餌した場合、非常

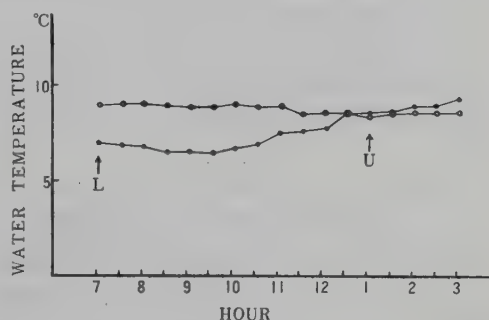


Fig. 4. Relation between the water temperature of the culture pond and the beach, in winter season. L, height water; U, low water.

* 山口県熊毛郡田布施町大字麻里府

**放養後投餌籠に投与餌料が全くなくなっている場合を記録した。

に活発な捕食動作がみられるが、止水時、ことに干潮時は消極的である。

b) 水温の変化に対する抵抗力について

Table 4. Variation of the beat counts of opercula and the body condition in case of up water temperature.

Water temp. °C	Time	Beat counts of opercula	Observation	Note
14	5	47.2	Normal condition, slow moving	
16	5	51.3	"	
18	5	53.0	"	
20	5	60.0	Pectoral fin slow moving	
22	5	69.3	Caudal fin and pectoral moving	
24	5	73.0	"	
26	5	73.2	"	
28	5	76.2	Abnormal condition, rush about	
29	5	58.0	Breath hard	
30	5	—	Syncopic state, convulsion, die	1h. 10m. from reception

Table 5. Variation of the beat counts of opercula and the body condition in case of down water temperature.

Water temp. °C	Time	Beat counts of opercula	Observation	Note
14	5	43.0	Normal condition	
12	5	43.0	"	
10	5	40.5	Normal condition, slow moving	
8	5	39.5	Pectoral fin slow moving, stand still	
6	5	35.0	"	
4	5	24.0	Abnormal condition, lose a blance	
3	5	—	Die	1h. 40m. from reception

冬期池中水温の低下による斃死魚は1956年1月25日, 1月28日, 2月6日に各1尾みられた。該期水温は3~6°Cでいずれも薄明時に斃死したようである。これらの魚は12月初旬以降、

殆んど摂餌したとは思われないから、活力は相当低下しているものと推察される。

さらに夏期及び冬期養成魚を止水環境に收容して抵抗力を調べた結果は第4, 5表及び第5図の通りである。即ち水温上昇によって鰓蓋搏動数(第4表)は漸増し、28°Cに至って最高を示し、魚は常態を脱して狂奔状態となり、29°Cでは急激に搏動数は減少し、漸次仮死状態に入り痙攣を経て斃死した。

14°Cより水温を降下した場合(第5表),

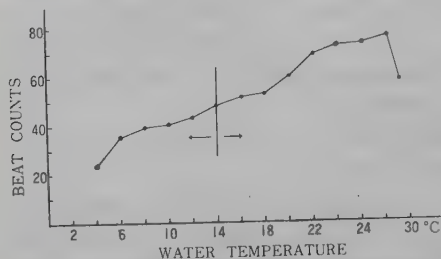


Fig. 5. Variation of the beat counts of opercula towards sudden change of water temperature. In case of up and down from 14°C.

搏動数は漸減し、4°Cで最低となり魚は次第に平衡を失い仮死常態となり、3°Cで狂奔、痙攣を経て斃死した。更に水温24~28°Cで飼育したものを27°Cの止水環境に収容した場合、2時間15分、2時間50分、3時間20分、また9~18°Cで飼育したものを10°Cの止水環境に収容した場合、3時間40分、4時間50分、6時間20分の生存時間を示した。

c) 游泳及び埋没について

池中に於ける生態は大別して游泳及び埋没に区分され、更に前者は活動的游泳と静止的游泳に分けられる。これは前述したように池水の流動量及び水温環境、投餌などによって変化する。実験Ⅰによる観察では凡そ水温が15°C以上の場合は中下層において連続的移動游泳であり、それは池水の流動時に大きく、止水時に小さくなる。静止游泳の場合は主として胸鰭の運動であって、干潮時水位が下った時に連続的であり、冬期水温が10°C以下に降下した場合や、夏期水温とが28°C以上に上昇した場合には埋没がみられた。しかし埋没は秋期の好環境においても認められ、休息と外敵や悪環境に応じた逃避習性と考えられる。

d) 体色の変化について

放養魚の体色の変化は体の背部および側部に現われる。生来の黒色と暗緑色の色調は次第に淡薄化し、その色調が淡くなる。実験Ⅰの観察では1及び2号池は放養後既に20日前後で暗緑色が灰緑色に変化し、3号池は寧ろ灰褐色の色調が強くなった。これは棲息環境の著しい変化に起因し、田中（1950）がマダイ *chrysophrys major* の養成による黒褐色化を餌料によってマダイ特有の色調に変化せしめたように餌料変化は二次的に考えられる。特に3号池は1、2号池と異り堤防に近く、颱風による災害によって厚さ10~30Cmの赤土層が汀成沈澱層の上に沈積されており、この結果、1及び2号池と著しい差を生じたものと思われる。

3. 養成効果

実験Ⅰ、Ⅱを検討すると前者では斃死魚として認められたものが20%、不明の減耗*が40%、全体的には60%の減耗率を示した。即ち実験Ⅰの供試魚は延縄によって漁獲されたものの中から厳選したもので、この結果からみると該漁法で採捕されたものは種苗として適当なものが非常に少なく、またその選別が極めて困難であることがわかる。

実験Ⅱの秋期養成では1号池に1尾の斃死魚をみたのみで、建網、小型底曳網などの漁具で得られたものが養成種苗として適当であることを認め得る。

養成効果は第6表及び第7表に示した。いずれも供試尾数が少ないので全体的な評価に供す

Table 6. Results of the cultured puffer caught by long line fishery in the Sea of Suō, located in the the western part of the Inland Sea of Seto (Experiment I).

Items Ponds	Period	Quantity of food (%)	At time of stocking weight (g)	At time of catching weight (g)	Weight- multiplication rate	Decreasing rate	Amount of food (g)
1	Oct. 30~ Dec. 4	10	1070	1150	0.074	—	5240
2	Oct. 30~ Dec. 4	20	1040	926	—	0.109	1180
3	Oct. 30~ Dec. 4	30	980	885	—	0.096	6600

* 不明の減耗には埋没状態において斃死腐敗したものと考えられるもの、マダコ *Octopus vulgaris* が池中に多く棲息しておりこれの食害及び鳥敵などが考えられる。

Table 7. Results of the cultured puffer caught by trap net and small trawl net fisheries in the Sea of Suō located in the western part of the Inland Sea of Seto (Experiment II).

Items Ponds	Period	Quantity of food (%)	At time of stocking weight (g)	At time of catching weight (g)	Decreasing rate	Amount of food (g)
1	Aug. 12~ Dec. 10	20	17041	15957	0.063	241968
2	Aug. 12~ Dec. 10	10	4411	4314	0.022	37044
3	Aug. 12~ Dec. 10	5	4453	4418	0.008	17177

るのは適当でないと思われるが、実験Ⅰでは1号池に増重があり、2、3号池は減重を示した。実験Ⅱでは第7表に示すように、すべて減重を示した。

各池の減重係数値をみると、投餌量及び放養魚の全長組成などの間に正常な関係が認められない。即ち投餌量が最も多い1号池に最も大きい減重があり、投餌量の少ない3号池において最も小さい減重係数値が示され、さらにはほぼ同一の全長組成をもつ2、3号池では投餌量の少ない方が減重係数は小さい値を示した。この結果は適正投餌量が一見小さい値をとるようにみられるが、これは各池における個体間摂餌量の顕著な差と全長組成の相違、さらに11月中旬以降の摂餌量が低下したことに起因すると考えられ、むしろ好い環境にあつては反対により多量を要求することが推察される。とくに実験Ⅱの3号池では個体間の全長差、放養時の活力の差に加えて投与量の少ないことから、捕食力が極めて旺盛なものと、そうでないものとの差が次第に現われ、遂には捕食力の大きい群によつて殆んど全部の餌料が瞬時に摂取され、他のものは無投餌の状態を示した。

考 察

以上の実験及び生態の観察に基いて、底棲性であり、且つ洄游性の顕著な成魚及び未成魚を対象とし、ことに大浦池を飼育池として、短期池中養成を行う場合の適否及び種苗について考察した。

まず養成池としての大浦池は面積が狭少であり、水深は浅く、その周辺地形は平坦で遮蔽物

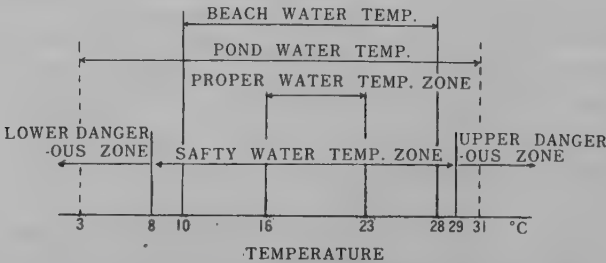


Fig. 6. Outline of the water temperature influenced on the life of puffer, *Fugu rubripes*.

がなく、海水の交流は二つの小注排水口によって行われる、したがって流動量は極めて小さく、自然の天候、気象に支配され易く、池中の水温はとくに夏期は著しく高温に、冬期は低温に偏する。この状態は養成に根本的に不適な条件を含んでいる。その第一は第6図に示すように養成魚が夏期及び冬期に危険水温範囲に棲息することであり、第二は摂餌量、運動量の増大を支配する池水の流動量が極めて不足していることである。

実験Ⅱにおける適正種苗の育成効果が減重係数で示されることは多分に上記不適条件下に棲息した結果が主因となっていることを推定し得る。しかしながら第6図に示すように臨界水域の年間水温は本種の安全水温範囲に含まれており、海水の流動、交換量を増大し、とくに池の水深は少なくとも干潮時水面より2m程度、平均水深4m程度が必要であるように思われる。

種苗については実験Ⅰで述べたように延縄漁具によって得られるものは適正な種苗の抽出が極めて困難で、建網或いは曳網などによって得られるものを種苗の対象とすることが適当と思われる。

摘 要

- 1) 游潮池を利用するトラフグの養成実験を行った。
- 2) 池中の水棲生物は豊富で大型動物として魚類、エビ類、シャコ類、カニ類、二枚貝類、巻貝類、八腕類、多毛類などの動物が棲息し、外側沿岸の動物相と顕著な相違はない。
- 3) 大浦池は水深が浅く、しかも面積が狭小で、周辺地形が平坦で遮蔽物がなく、且つ池水の流動量が少なく、自然の天候、気象に支配されて、池水温の変化が激しく養殖池としては基本的に不適当な条件を備える。
- 4) 摂餌開始はカタクチイワシを使用した場合、4日～15日である。
- 5) 落潮及び止水時の游泳及び摂餌に顕著な差がみられる。
- 6) 飼育効果は第6表、第7表のように、実験Ⅰの1号池を除いて減重を示した。
- 7) 放養後10日間ですでに体色が変化し、体の背部の暗緑色の色調は淡緑色に変化し、底質が赤土の実験池では淡褐色に変化した。
- 8) 棲息適温の範囲は第6図のように推定される。

参 考 文 献

- 1) 藤田 矢郎：1957. 講演要旨，日本水産学会春季大会。
- 2) 福岡県水産試験場：1949. フグ延縄漁業試験，福岡県水産試験場事業報告書，pp. 1—3, fig. 1.
- 3) 日下部台二郎：1957. 講演要旨，日本水産学会春季大会。
- 4) 松井 魁：1952. 日本産鰻の形態，生態並びに養成に関する研究，農林省水産講習所研究報告，2(2)，pp. 1—246, figs. 1—85, pls. 1—3.
- 5) 松本梅二，前川兼祐：1957. フグ蓄養試験，山口県内海水産試験場事業報告，pp. 50—51.
- 6) UNO, Y. : 1955. Spawning habit and early development of puffer, *Fugu nithobles*, J. Tokyo Univ. Fish. 41(2), pp. 169—183.

トラフグの漁業生物学的並びに 養成に関する研究—II

当才未成魚の成長と減重率について※

高井 徹・溝上昭男・松井 魁

Study on the Fisheries Biology and Culture of the Puffer,
Fugu rubripes (TEMMINCK et SCHLEGEL) —II.
On the Growth and Decreasing Rate of the Fingerling Fish.

By

Toru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI

In this paper descriptions are made of the growth and decreasing rate of the fingerling fish, *Fugu rubripes*.

The results are as follows:

- 1) The growth-curve of the fingerling fish is calculated as follows:

$$L = \frac{16.130}{1 + e^{1.396 - 0.018x}}$$

- 2) The greater part of those fish which have perished lose their weight by 20—30% in the "decreasing rate."
- 3) There is an increasing tendency of the "decreasing rate" of the fish as the days of our breeding them are lengthened, its maximum being 40%.

まえがき

1958年の夏から秋にかけて、周防灘の中部沿岸水域で多量に漁獲された当才未成魚のごく一部が二・三の漁業者によって游潮池や養魚池に放養され、養成用種苗としての適否を検討する試験が行われた。それらのうち最も長期の養成が行われたのは山口県熊毛郡田布施町馬島大浦池であるが、1月初旬の急激な水温の低下（1～3℃）によって、その大部分が斃死した。

著者等は佐賀湾で漁獲されたものを田名臨海実験場の屋内水槽で飼育し、また大浦池に放養した材料から成長度、減耗及び養魚池における生態の観察を行い、二・三の知見を得たので報告する。

材料及び調査方法

1958年8月31日から10月15日に亘る期間、山口県熊毛郡沿岸で漁獲された当才未成魚と、9月24日に漁獲された当才未成魚を大浦池に放養したものを12月15日に取揚げ全長及び体重を測定した。また10月10日に漁獲した未成魚の全長及び体重を測定し、コンクリート製飼育水槽（78×49×50cm）5面に夫々10尾を放養した。餌料はマアジ *Trachurus japonicus*, カタクチイワシ *Engraulis japonica*, アカエビ *Metapenaeopsis barbatus* などを用い、毎日午前10時に一回投与した。

斃死した個体は直ちに取揚げ、斃死時における全長、体重を測定し、個体別に次式によって減重率を求めた。

$$D = \frac{w_0 - w_1}{w_0}$$

但し w_0 は放養時の体重。 w_1 は斃死時の体重とする。

1. 成 長

Table 1. Showing the total length and body weight of fingerling fish, *Fugu rubripes* obtained from Saga Bay, and Ōura culture pond, Yamaguchi Pref., from Aug. 30 to Nov. 15. Results in Nov. 15, '58 (star) were obtained from cultured fish in Ōura pond.

Date	Items	Number of specimen	Total length (cm)		Body weight (g)	
			Range	Mean value	Range	Mean value
1958, Aug. 30		8	8.0~9.9	8.80±0.04	8.0~15.6	11.15±0.62
Sept. 24		235	8.0~14.3	10.06±0.05	11.3~61.5	23.22±1.18
Oct. 10		55	10.0~13.2	11.32±0.07	14.0~40.0	23.65±0.48
Nov. 15		20	12.8~16.6	14.14±0.21	39.6~129.0	59.69±3.32

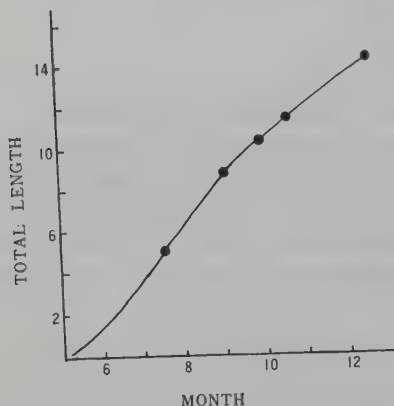


Fig. 1. Showing the growth curve of fingerling fish, *Fugu rubripes*.

1958年9月24日に佐賀湾で漁獲された全長範囲8.0~14.3cm、平均10.06±0.05cmの当才未成魚群を養魚池に放養した。これらの放養群は12月15日には平均全長14.14±0.21cmに成長し、平均値においておよそ4.1cmの増加をみた。また体重は放養時より36.5gの増重を示した（第1表）。

よって、以上の結果と1958年8月30日に漁獲した個体群の平均全長を求め、さらに藤田（1959）による初期稚魚の飼育結果（5月17日に孵化、7月15日に全長約5cmに成長）から当成魚の成長曲線を求めると第1図となる。

成長曲線はシグモイド型をなし、

$$L = \frac{k}{1 + e^{-bx}}$$

(但し L は全長, x は経過日数) で表わされ, それぞれの係数は $a=1.396$, $b=0.018$, $k=16.130$ が与えられる。

2. 減 重 率

1958年10月10日に飼育水槽に収容した当才未成魚の日別斃死数, 斃死時の減重率及び生存率を求め第2表と第2図に掲げた。

Table 2. Number, body weight and decreasing rate of mortality fish in breeding experiment from Oct. 10 to Oct. 20. Existence rate shows in parenthesis.

Date	Items	Mortality	At time of stocking				At time of death		Decreasing rate(%)	
			Total length(cm)		Body weight(g)		Body weight		Range	Mean
			Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean		
1958, Oct. 13	6 (88)		10.0~11.6	10.4	14.0~25.0	20.5	13.5~23.0	17.7	3.5~36.1	15.5
14	7 (74)		10.0~12.2	10.9	16.0~28.0	21.7	12.8~26.9	19.3	3.9~25.0	17.1
15	8 (58)		10.0~12.8	11.3	16.0~38.0	25.7	10.0~30.0	19.7	10.0~35.4	23.7
16	14 (30)		9.5~11.3	10.6	13.0~26.0	19.2	12.0~21.0	14.8	7.6~40.0	22.4
17	4 (22)		10.4~12.4	11.1	20.0~30.0	22.0	14.0~20.0	15.5	20.0~40.0	28.8
18	3 (13)		10.6~11.4	11.3	20.0~29.0	24.0	14.0~19.0	16.3	14.2~34.4	26.2
19	4 (8)		10.5~11.4	10.9	18.0~26.0	21.5	12.0~20.0	15.0	23.1~33.3	28.4
20	4 (0)		10.5~10.7	10.6	17.0~20.0	17.7	12.0~13.0	12.5	23.5~35.0	29.3

放養3日後に12%の斃死魚が現われ, 6日後には最高28%の斃死率をみた。そして10日後には全個体が斃死した。この間の減重率をみるに, 放養後3日~4日に斃死したものは 3.5~36.1%を示し, 平均値は比較的小さい。しかしその後の斃死魚では急激に増加し放養後5日~6日で斃死したものは 7.6~40.0%の減重率を示し, 絶食による体の著しい消耗がみられる。さらに放養後7日10日で斃死したものは14.2~40.0%の減重率がみられた。つまり飼育日数の経過と共に斃死魚の減重率は増加する傾向が認められるが, 大部分の斃死個体は20~30%の減重を示し, 減重率の極限はおよそ40%であることがわかる。

考 察

12月における全長の測定値 (第1表) は栄養, 棲息水域の広さなど自然のそれに比

して相違する養魚池で生活し, 成長したものであるから同時期における天然の個体群はこれら

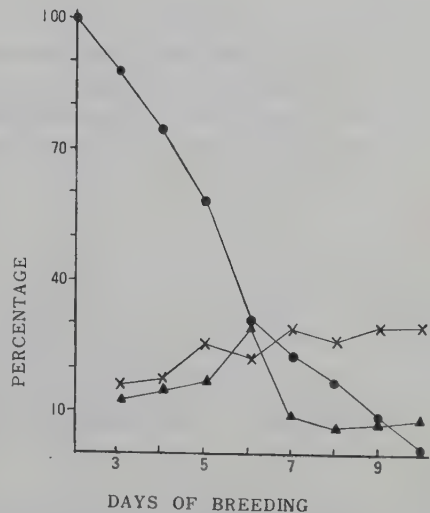


Fig. 2. Showing the decreasing rate, existence rate and mortality rate of fingerling fish, *Fugu rubripes* in the aquarium cultured. The results were obtained from data shown in Table 2. Cross, decreasing rate; black point, existence rate; triangle, mortality rate.

よりも大きい全長に達していることが推察され、成長は比較的良好な魚種といえる。

夏期及び秋期にイワシ船曳網で漁獲された当才未成年魚は。特に外的環境に対して非常に敏感で、養魚池ことに狭い区画内に収容された場合、常時異状的な逃避行動を続け、そして殆んどが短期間のうちに斃死する。1日3日で斃死するものは漁獲時の漁撈による活力の減退や相互の咬み合による損傷に起因するが、それ以後のものは絶食と疲労の累積によって斃死にいたるようで、斃死個体の多くは体の消耗が著しく、漁獲した時におけるよりも20~30%の減重を示す。

以上のことからこのような成長段階の未成年魚の養成では広く、且つ深い養魚池が必要であり、さらに餌付きが短期間のうちに完了するような餌料を選択して投与することが問題となる。

摘 要

当才未成年魚の長さ及び減重率について調べた。

1) 成長曲線は次式によって示される。

$$L = \frac{16.130}{1 - e^{1.396 - 0.018X}}$$

2) 斃死個体の多くは20~30%の減重率を示した。

3) 減重率は飼育日数の経過と共に増加する傾向がみられ、その極限はおおよそ40%である。

参 考 文 献

- 1) 藤田 矢郎：1957。講演要旨，日本水産学会春季大会。
- 2) ————：1959。フグ類数種の幼期について。（印刷中）。
- 3) 松井 魁，木暮岳彦：1941。水産生物の生長度の研究，第3報，淡水飼育に依る鮭稚魚の生長度，水産研究誌，37(3)，pp. 42~50，figs. 1—7。

トラフグの漁業生物学的並びに 養成に関する研究—III.

当才末成魚の全長組成および食性について※

高井 徹・溝上 昭男・松井 魁

Study on the Puffer, *Fugu rubripes* (TEMMINCK et SCHLEGEL)—III.

On the Constitution of Total Length and the Feeding

Habit of the Fingerling Fish.

By

Toru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI

In the present paper descriptions are made of the constitution of total length and the feeding habit of the fingerling fish which were caught in Saga Bay located in the western part of the Inland Sea of Seto on September 24, 1958.

The results obtained are as follows:

- 1) The range of total length of those fingerling fish is 8.0—14.3cm, its mean being 10.06 ± 0.05 cm, which made their appearance in plenty along the coast of Kumage-gun, Yamaguchi Prefecture in Autumn last year.
- 2) The relation between the body weight (W) and the total length (L) is shown by

$$W = 0.086e^{0.137L}$$
- 3) The mouth width of the fingerling fish is about $\frac{1}{12}$ of the body length. The upper and lower jaws have each two well-grown sharp teeth (incisors). The fish has upper pharyngeal teeth in the upper part of the pharynx, but no lower ones. The fish has a short oesophagus, an epancible stomach and an expansive bladder. The intestine is about $\frac{3}{4}$ times as long as the body and curves in three parts. The liver consists of one lobe, weighing about $\frac{1}{20}$ of the body weight.
- 4) The relation between the weight of the liver (LW) and the body weight (W) is shown by

$$LW = 0.32W + 0.149$$

- 5) The daily rate of feeding of the fish (food weight/body weight $\times 100$) is 1—7%, its average being 2.8%, but in the fish natural environment it may be 7%.
- 6) The main food for the fingerling fish to take seems to consist of young ones of various fishes and Macrura, including the anchovy (in their sirasu stage), *Engraulis japonica* and *Metapenaeopsis* sp. among Crustacea.

ま え が き

秋冬期に下関地区に水揚げされるトラフグの大部分は周防灘中部水域で漁獲されている。従来周防灘水域に棲息するトラフグは春から夏にかけて極く沿岸の水域に群棲し^{*}、秋頃から次第に沖合に移動することが識られている。1958年の漁況は例年、秋に漁獲されていた1.6~2.4 kgの成魚が近年稀に見る不漁の状態で、これに反し今まで極く少量、漁獲されていた当才魚とみられる未成魚群が山口県大島郡および熊毛郡の沿岸水域で夏から秋にかけて多量にカタクティワシ船曳網で漁獲された。本研究はこの異状に出現した未成魚群の全長組成、消化系および消化管内容物を調査し養成の基礎的資料としたものである。

本文に入るに先だち有益な御助言をいただいた山口県熊毛郡田布施町麻里府魚市場中田良治氏、採集に御協力を得た本所田名臨海実験場吉岡俊夫氏に深謝する。

材料及び調査方法

供試材料は1958年9月24日山口県熊毛郡佐賀湾でカタクティワシ船曳網に漁獲された個体群から、全長範囲8.0~14.3cm、平均 10.06 ± 0.05 cmの235尾を抽出し、ホルマリン10%溶液で固定後、全長及び体重を測定し、全長組成及び全長と体重との関係を求めた。

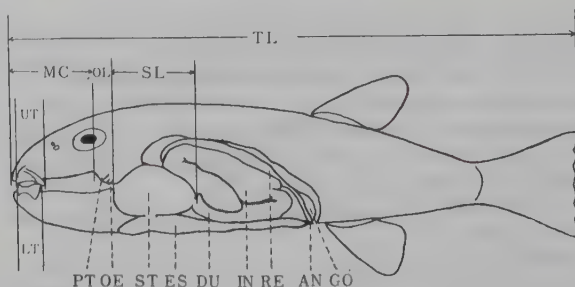


Fig. 1. Topography of fingerling fish, *Fugu rubripes*, showing how certain measurements are made. AN, anus; DU, duodenum; ES, expansive-bladder; GO, gonad; IN, intestine; LT, width of lower teeth; MC, length of mouth cavity; OE, oesophagus; OL, length of oesophagus; PT, pharyngeal teeth; RE, rectum; SL, length of stomach; ST, stomach; TL, length of total.

また消化系の調査は上述の供試魚の中から、全長範囲8.7~13.6cm、平均 11.46 ± 0.29 cmの魚体10尾を使用し、消化系各部を測定した(第1図)。

但し腸の長さは迂曲した腹管をほぐして、直ぐに引延ばした長さである。

更に食性は全長範囲8.0~13.9cm、平均 10.53 ± 0.09 cmの100尾について調べ、内容物は胃、十二指腸及び中腸と直腸の各部を別々に摘出し調査した。なお消化が進んで種類の判定が不可能なものは「消化不明」とし、全く内容物のない場合を「空虚」とした。また消化管各部の内

^{*} 産卵群と思われる。Uno (1955) によれば小湊では5~7月に産卵する。

容比率 (R) は次式によって求めた。

$R = w/W \times 100$ 但し w は消化管各部の内容物湿重量, W は体重。

結 果

1. 全長組成及び全長と体重の関係

Table 1. The Composition of total length and body weight of fingerling fish, *Fugu rubripes*, obtained from Saga Bay in Yamaguchi Prefecture.

Total length (cm)	Number	%	Body weight(g)	
			Range	Mean Value
8.0~9.0	31	13.2	11.3~17.5	13.92±0.19
9.0~10.0	93	39.6	13.1~23.5	17.51±0.14
10.0~11.0	67	28.5	16.3~38.3	25.21±0.37
11.0~12.0	24	10.2	22.6~45.1	33.37±0.65
12.0~13.0	14	6.0	33.3~56.5	41.90±1.05
13.0~14.0	5	2.1	41.0~61.5	55.64±2.54
14.0~15.0	1	0.4	54.2	54.2
Total	235	100.0		
Total mean	10.06±0.05		23.22±1.18	

未成魚の全長組成は第1表の通りである。調査尾数 235尾のなかで最小全長は8.0cm, 最大全長は14.3cm, 平均値は10.06±0.05cmで, 最も高率に出現した全長範囲は9.0~11.0cmで, これは全体の68.1%を占める。

これら未成魚の全長 (L) と体重 (W) との関係(第2図A) は $W = 0.08e^{0.137L}$ の曲線で示される。また体重 (W) を対数で表わし, 全長 (L) との関係を求めるとほぼ直線で示される(第2図B)。

2. 消化系

消化系各部の大きさを第2表に示した。

口幅は全長のおよ1/2に相当し, 口唇は比較的厚く, 両顎を覆っている。両顎の各側には2箇の鋭い門歯を備える。上顎の下顎のそれに比して僅かに大きい。

口腔の長さは全長のおよ1/4

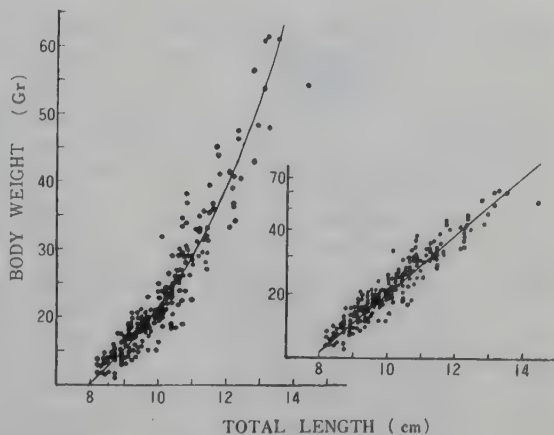


Fig. 2. Relation between the total length and body weight of the fingerling fish, *Fugu rubripes*. a, arithmetic plotting; B, half-logarithmic plotting.

に相当し比較的長い。口腔内部の粘膜皺は発達せず、咽頭附近にわずかに認められる(第3図)。

Table 2. Measurements of the digestive organ in fingerling fish, *Fugu rubripes*. Total length and body weight show especially in upper column.

Items	Range	Mean value	Standard deviation
Total length(cm) (TL)	8.7~13.6	11.46± 0.29	1.41±0.21
Body weight(g) (BW)	13.6~61.0	35.46± 2.67	14.16±2.15
Mouth width(cm) (MW)	0.7~ 1.1	0.95± 0.03	0.12±0.01
Teeth width (cm). Upper (UT)	0.7~ 1.3	0.98± 0.03	0.18±0.03
Lower (LT)	0.6~ 1.1	0.82± 0.03	0.14±0.02
Mouth cavity length(cm) (MC)	1.5~ 2.9	2.01± 0.07	0.36±0.05
Number of pharyngeal teeth (PT)	—	6	—
Oesophagus length(cm) (OL)	0.5~ 1.0	0.73± 0.03	0.18±0.03
Stomach length(cm) (SL)	0.7~ 1.8	1.49± 0.06	0.30±0.04
Intestine length(cm) (IN)	6.9~11.4	9.37± 0.27	1.27±0.19
Liver weight(g) (LE)	0.6~ 2.0	1.24± 0.09	0.46±0.07

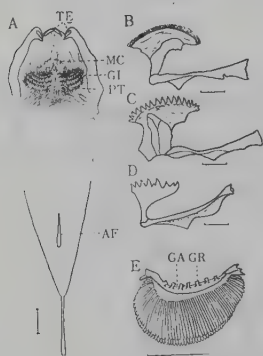


Fig. 3. The mouth cavity of fingerling fish, *Fugu rubripes*, showing especially the upper pharyngeal bones (B, C, D) and the gill-raker (E). A, ventral aspect of the mouth cavity, mandible opened out; B, anterior bone; C, median bone; D, posterior bone. AF., anal fin; GA., gill-arch; GL., gill; GR., gill-raker; MC, mouth cavity; PT., pharyngeal teeth; TE., teeth; Scales represent 1 cm in A, 1 mm from B to 1 cm in E.

咽頭歯は第3図に示すように発達した上咽頭歯が咽頭上部にあり、下咽頭歯を缺ぐ。口腔に最も近い上咽頭歯(第3図a)の露出部は板状で、その表面に細菌が密生している。中間の咽頭歯(第3図b)はおよそ17箇の鋭い犬歯が簇生する。後の咽頭歯(第3図c)は中央のそれよりも小さく、およそ10箇の歯は突起状となる。

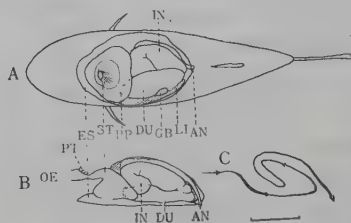


Fig. 4. Showing the digestive system of fingerling fish, *Fugu rubripes*. A, ventral view; B, left-side view; C, projection to left-side, indicating the tracts. Scale represents 2 cm. AN., anus; DU., duodenum; ES., expansive bladder; GB., gill-bladder; IN., intestine; LI., liver; OE., oesophagus; PP., pyloric portion; PT., pharyngeal teeth; ST., stomach.

鰓耙は粗雑で短く、先端には数箇の突起がある（第3図）。食道は短い。胃は著しく伸縮性に富み、形状は不定である。粘膜皺は空胃のものでは形成されているが、内容物が存在している時は消失している。

膨脹囊の開口部は僅かにくびれ、膨脹性に富んだ囊の粘膜は腹側体壁に強く附着し、腹腔を覆っている（第4図）。松原（1955）²¹によるとフグ類の胃にはよく発達した消化腺及び幽門垂がなく、消化は主として腸で行われるようであるが、これらの未成年でも後述するように胃内には消化物はほとんど認められず、また胃に続く十二指腸は比較的肥大し、消化の過程にある食餌が認められ、中腸、直腸の内容物は全く消化されている。十二指腸から肛門まで腸管の長さは全長のおよそ $\frac{3}{4}$ で腸管は3ヶ所で曲折し（第4図）、胃の後方に位置する。腸管は十二指腸、中腸及び直腸に区別され、夫々の境には括約筋が発達している。

肝臓は単葉で、腹腔の右側に存在し、胃及び腸管に接している。その重さは体重のおよそ $\frac{1}{20}$ に相当する。肝臓重量（LW）と体重（W）との関係は $LW = 0.032W + 0.149$ の直線式で表わされる（第5図）。胆嚢は十二指腸と肝臓の間にあり球形を呈する。

3. 食 性

胃、十二指腸及び腸管の内容物重量及び体重に対する各部の平均内容量比率を全長別に求めると第3表となる。即ち、各部の平均内容物重量は夫々全長の増加と共に大きくなる傾向がみられる。

胃の内容量比率は全長の増加に伴って減少する傾向を示すが、十二指腸の内容量比率は反対に増加している。腸管の内容量比率は魚体の小さい個体群が最も高率を示す。

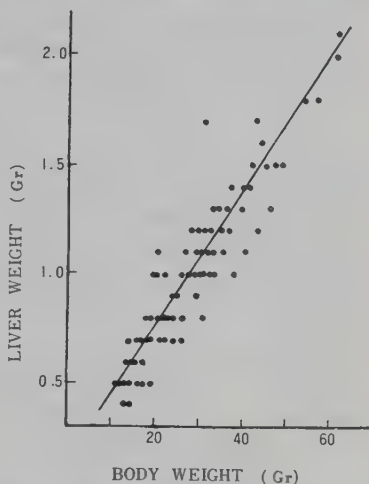


Fig. 5. Relation between the weight of liver and body weight of fingerling fish, *Fugu rubripes*, obtained from Saga Bay, Yamaguchi Prefecture.

Table 3. The average weight of digestive contents, and the rate of digestive contents weight ($w/W \times 100$) by the total length of fingerling fish, *Fugu rubripes*. No., number of specimens; w, weight of digestive contents; W, body weight; average total length shown in parenthesis.

No.	Items Total length (cm)	Stomach contents		Duodenum contents		Intestine contents	
		Weight (g)	$w/W \times 100$ (%)	Weight (g)	$w/W \times 100$ (%)	Weight (g)	$w/W \times 100$ (%)
33	8.0~9.8 (9.10 ± 0.05)	1.36	8.13	0.40	2.53	0.56	3.48
50	10.0~11.8 (10.77 ± 0.05)	2.77	6.72	1.14	2.74	1.13	2.70
17	12.1~13.9 (12.58 ± 0.07)	2.76	6.09	1.49	3.38	1.28	2.84
100	Total mean 8.0~13.9 (10.53 ± 0.09)	2.39	7.11	0.98	2.79	0.96	2.67

餌料生物の出現回数と内容物重量の百分率組成を第4表に示した。胃の空虚なものは全体の29%、十二指腸の空虚なものは5%で、腸管が空虚な個体はみられなかった。

Table 4. Constitution of digestive contents of fingerling fish, *Fugu rubripes*, obtained from Saga Bay in Yamaguchi Prefecture.

Number of specimes, examined		100					
Items		Stomach contents		Duodenum contents		Intestine contents	
Species		Appearance rate (%)	Weight (%)	Appearance rate (%)	Weight (%)	Appearance rate (%)	Weight (%)
<i>Engraulis japonica</i> "Sirasu"		93.35	97.72	56.45	64.49	—	—
Larvae of <i>Leiognathus nuchalis</i>		1.33	1.28	1.70	1.44	—	—
Larvae of <i>Saurida elongata</i>		1.33	0.14	3.42	1.82	—	—
<i>Collionymus altivelis</i>		—	—	0.85	2.21	—	—
<i>Gobioidea</i> sp.		—	—	0.85	0.91	—	—
<i>Metapenaeopsis</i> sp.		2.66	0.72	12.82	11.53	—	—
<i>Stomatopoda</i>		1.33	0.14	3.42	6.78	—	—
<i>Brachyura</i>		—	—	0.85	0.26	—	—
Digestion	<i>Fish</i>	—	—	11.11	6.91	24.51	28.82
	<i>Macrura</i>	—	—	—	—	22.54	22.55
	<i>Brachyura</i>	—	—	0.85	0.26	1.96	2.38
	<i>Mysidacea</i>	—	—	2.56	1.31	3.92	4.88
	<i>Stomatopoda</i>	—	—	—	—	0.98	1.25
<i>Ulvaceae</i> sp.		—	—	0.85	0.26	0.98	0.87
Indistinct		—	—	4.27	1.82	45.11	39.25
Empty		29		5		0	

A 胃の内容物

胃内容物組成（第4表）は魚類が96%を占め、他にエビ類、シャコ類などの小型甲殻類が僅か4%の出現率を示した。魚類ではシラス期のカタクチイワシを最も多く摂り、他はヒイラギの稚魚、エソ類の稚魚などの小型魚類である。これらの魚類は殆んど原形をとどめず、鋭い門歯によって小さく嚙切られている。小型甲殻類ではエビ類（*Metapenaeopsis* sp.）及びシャコ類が主である。また内容物の種類は単一で、同時に2種類みられたものは僅か5%で、3種類以上を摂るものは全く認められなかった。

B 十二指腸の内容物

十二指腸の内容物組成（第4表）は胃のそれより種類が多い。その出現率は胃の内容物組成と同じように魚類が最も多く63.4%、次いでエビ類、カニ類、シャコ類などの小型甲殻類が17%、種類の判別可能な消化物が14.6%、このほか、藻類および種類の全く不明な消化物が4.9%も含まれていた。魚類では胃の場合と同様シラス期のカタクチイワシが最も多いが、出現率および重量比率は前者に比して少ない。更にエソ類の稚魚、ヒイラギの稚魚、ネズボの幼魚及びハゼ類などがみられた。小型甲殻類では出現率、重量比率共にエビ類（*Metapenaeopsis* sp.）が最も多く、次いでシャコ類、カニ類などがみられる。消化物は胃では全く認められなかったのに反し、十二指腸では前述したようになりに消化物が認められるが、完全に消化して

粘液状を呈するものは4.3%で、大部分種類の判別が可能である。その出現率は魚類11.1%、カニ類0.9%、アミ類2.7%、である。なお、藻類を捕食しているものが1個体みられた。

十二指腸における混食率は20%で、3種類以上のものは全く認められなかった。また食餌生物で全形を維持していたものは僅かに3尾(シラス期のカタクチイワシ)で、最大は全長3.8cm、最小は全長1.9cmである。

C. 腸管の内容物

内容物はすべて消化している。それらは魚類、エビ類、アミ類、シッコ類、カニ類及び粘液状の消化不明のもので、この消化不明の出現率は45.1%、重量比率は39.3%で最も多く、魚類、エビ類の消化物がこれに次いでいる。また腸管内でエビ類、カニ類などの甲殻は完全に消化されず残存しているものが多くみられた。

以上を要約すると胃、十二指腸、腸の各消化管に於ける消化状態が相違する点から嚥下された食餌は胃に一時的*にとどまるが、消化は主として十二指腸と腸管で行われるようである。胃、十二指腸及び腸管の平均内容量比率は、それぞれ7.11%、2.79%、2.67%で胃における内容量比率が最も高率を示す。このことは揚網時に一緒に漁獲される他の魚を飽食するためと考えられる。また魚体に異状を生じた場合には胃の内容物を吐き出す、例えば運搬中船の生簀に吐き出していること、また蓄養池の底に胃内容物が散在していることなどが屢々である。つまり漁獲標本の胃内容量比率は変異が大きく(第6図)、常態におけるより著しく異なるとみられる。従って各魚体の日間捕食率(F)**を十二指腸の内容量によって求めることによって(第3表、第7図)、天然における捕食率を推定するのが適当と考えられる。

即ち、各全長段階における捕食率の変異は胃内容量で示される捕食率の変異に比して比較的安定していることから、未成魚期における日間捕食率はおよそ1~7%(平均2.8%)の範囲にあり、天然ではむしろ7%の方に偏しているものと思われる。

食餌は胃では小型の魚類が多く、そのなかでもシラス期のカタクチイワシが最も多い。しかし十二指腸では小型甲殻類、特にエビ類の出現率が高い、然し成魚の胃内容物はエビ類が最も多く(32.5%)、魚類(26.0%)がこれに次ぎ、またカニ類(21.9%)も多く捕食されている。従って未成魚では小型の魚類を主食とするが、成魚になるとエビ、カニ類などの甲殻類を多くとるようになるとみられる。

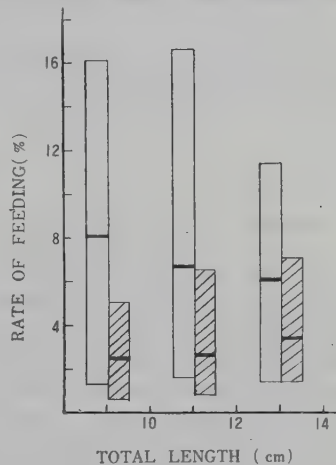


Fig. 6. Variation in rate of feeding in each total length. Rate of feeding, food weight (w)/body weight (W) $\times 100$; the black portion shows the mean of the rate; the shadow one, the range of the rate in the duodenum; and the blank one, the range of rate in the stomach.

* 膨脹囊の働きと関係があるように思われる。

**一尾の魚が毎日摂取する餌の量をその魚体重で割ったもの。

即ち、 $F = \frac{w}{W} \times 100$ 、但しwは胃内容量：Wは体重 (Ricker, 1946)。

摘 要

- 1) 秋季山口県熊毛郡の沿岸に多量に出現したトラフグの未成魚の全長範囲は8.0~14.3cmで、平均値は 10.06 ± 0.05 cmを示す。
- 2) 未成魚の体重(W)と全長(L)との関係は $W = 0.086e^{0.137L}$ で示される。
- 3) 未成魚の口幅は全長のおよそ $\frac{1}{12}$ 、両顎にはよく発達した門歯を有し、咽頭の上部に上咽頭歯があるが、下咽頭歯を欠ぐ。食道は短く、胃は膨脹性に富み、膨脹嚢をそなえる。腸は全長のおよそ $\frac{1}{2}$ に相当し、3ヶ所で曲折する。肝臓は単葉で、その重量は体重の $\frac{1}{50}$ 程度である。
- 4) 肝臓重量(LW)と体重(W)との関係は $LW = 0.032W + 0.149$ で示される。
- 5) 未成魚の日間捕食率はおよそ1~7% (平均2.8%)の範囲にあり、天然では寧ろ7%に偏しているものと思われる。
- 6) 未成魚の主な食餌は小型の魚類及びエビ類で、魚類ではシラス期のカタクチイワシ、小型甲殻類では*Metapenaeopsis* sp. が最も多い。

参 考 文 献

- 1) BREDER, C. M. and E. CLARK. : 1947. A contribution to the visceral anatomy, development, and relationships of the Plectognathi. Bull. American Mus. Nat. Hist., **88** (5). pp. 289~391, Figs. 1~8, pls. 11~14.
- 2) 松原喜代松: 1955. 魚類の形態と検索(Ⅱ), 石崎書店.
- 3) 三谷 文夫: 1958. 胃の内容物からみたブリの食性—Ⅱ摂餌活動の日週変化および成長に伴う摂餌率の変化. 日本水産学会誌, **24** (5), pp. 182~185, 7 fig.
- 4) RICKER, W. E. : 1946. Ecol. monog., **16**. pp. 373~391.
- 5) 末広 恭雄: 1951. 魚類学, 岩波書店.
- 6) 高井徹, 溝上昭男, 松井魁: 1959. トラフグの漁業生物学的並びに養成に関する研究—I, 池中養成について. 水産講習所研究報告, **8** (1).
- 7) 田村 正: 1957. 水産増殖学, 紀元社.
- 8) UNO, Y. : 1988. Spawning habit and early development of puffer, *Fugu nithobles*, J. Tokyo Univ. Fish. **41** (2), pp. 169~183.

マフノリ及びフクロフノリの 胞子放出について—IV.*

蔭干時間と有効胞子量との関係

松 井 敏 夫

On the Shedding of Spores of *Gloiopeltis tenax* (TURN.)

J. AG. and *G. furcata* POST. et RUPR.—IV.

Relationship between the Time for Drying the Fronds
and the Quantity of their Available Spores

By

Toshio MATSUI

The tetraspores of *Gloiopeltis* are affected when dried in the shade for 4—6 hours. But here at Yoshimi, Shimonoseki City *Gloiopeltis tenax* seems to shed its spores only in the afternoon, while *G. furcata*, only in the morning. For our collecting as many spores of them as we like any time, the fronds need to be dried in the shade for a pretty long time. But if they are dried for too long, their spores to be shed seem to decrease in quantity and vitality.

In our present experiment the fronds have been dried for a pretty long time in a certain humidity kept in the state of equilibrium with various concentrations of sulfate, and then submerged in sea-water. The relations between the period of time when they are dried in the shade on one hand and the quantity of spores then shed and the rates of adhesion and germination on the part of the spores on the other hand have been examined, and the quantity of spores available for our purpose has also been estimated. The results obtained are as follows:

- 1) The two species shed about the same quantity of spores.
- 2) If they are dried to excess, the fronds cease to liberate their spores in a day or two.
- 3) If the fronds with moderate moisture are dried in the shade several days previous to spring tide, their liberation of spores is on the increase for the first several days and then begins to decrease. The longer they are dried in the shade, the more spores they shed (Fig. 1). If we begin drying them in the shade at the time of spring tide, when mature spores are found in plenty in them, the longer they are dried, the fewer spores they shed (Fig. 2). The results of the present experiment may enable us to conclude that 2—4 days is a maximum period of time for our drying the fronds in the shade, when they can shed their spores available for our purpose.

* 水産講習所研究業績 第268号, 1958年4月22日 受理

有用海藻のうち、ワカメは蔭干によって多量の游走子を放出することが知られていて、^{1) 2) 4)} 増殖事業に応用されているが、ワカメは漸深帯に生育しているので、潮の干満には関係なく胞子付けを行う事が出来る。これに対してフノリは潮間帯に生育しているので、木下⁵⁾の新養殖法を除いては、胞子付け即ちタネマキは、胞子の抵抗力⁶⁾から見て、時間的に制限されて来る。

マフノリ及びフクロフノリの胞子では前報までの^{7) 8)}に報じたように、浸水状態では毎日1回ほど定った時刻に放出され、蔭干を与える事によってこの放出時刻を或程度変動させることが出来るが、自然岩礁で起る程度の干出では任意の時刻に多量の胞子を得る事は不可能であって、この為には蔭干時間を長くする以外に方法はないようである。又遠隔の場所に新しくフノリを増殖する為タネマキを行おうとする場合には母藻を蔭干して輸送した方が便利であると思われる。しかし蔭干を長くすれば当然放出量や胞子の活力等が低下するものと思われる。今回は蔭干時間とその時の放出量に主眼を置き、更に放出胞子の着生率、発芽率を測定し、これ

らより着生して生残と思われる胞子即ち有効胞子の量を計算し、蔭干時間の限界を調べたので、その結果を報告する。

材料としては、前報までに用いたと同様の無性個体を用い、1957年4月下旬より6月下旬の間実験を行った。

本文に入るに先立ち、御指導を賜わり、本稿を御校閲下された九州大学農学部瀬川宗吉博士並びに終始御激励、御助言下さった東京水木大更津実習場片田実博士、本所尾形英二助教授に深謝する。

実験方法

前報までの実験より放出胞子量は藻体の乾燥度によって異なるように思われたので、実験区を湿度によって3段階に分けた。即ち硫酸で恒湿室を作り、マフノリの場合には湿度を97% (硫酸濃度8%, 以下同じ)、71% (30%), 37% (50%), フクロフノリの場合には97% (8%), 62% (37%), 21% (56%) と

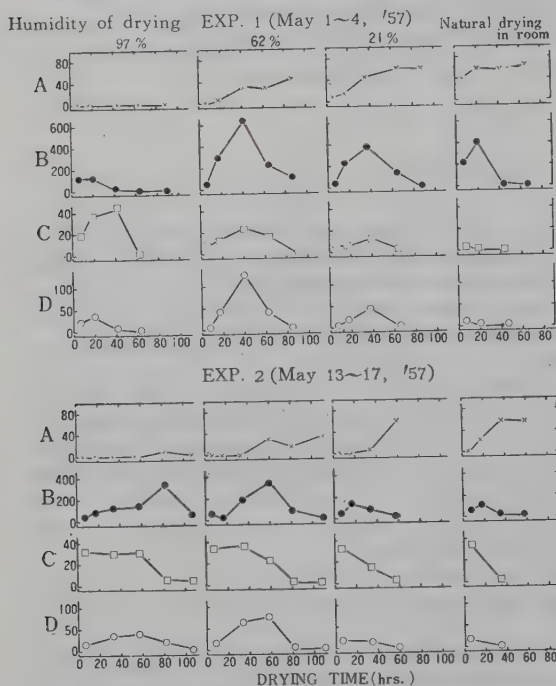


Fig. 1. Variation of the shedding amount and the rate of adhesion of the tetraspores of *G. furcata* according to the drying time of the fronds, in a few days before the spring tide.

A, degree of desiccation of the fronds (%).

B, number of the spores liberated from the fronds per 1g. of raw material (thousand).

C, rate of adhesion of the liberated spores (%).

D, number of the spores that are possible to adhere (thousand).

した。フクロフノリではこれと平行して室内でシャーレに入れて放置乾燥させた藻体についても実験した。各実験区内の母藻は数groupに分け、一定時間後に1 group ずつ取出して放出量を見た。母藻は、なるべく大きい藻体を数個体取り、各実験区内は勿論、実験区相互の間もなるべく均等になるように基部附近から切断して混合し、1 group の母藻として生鮮重量で1～3 gを用いた。藻体を浸漬する時間は既報の結果より見て20分とし、放出量の算出は次のようにして行った。陸干した藻体をメスシリンダー中の海水に浸して激しく攪拌し、20分後母藻を出来るだけ水を切って取上げてから、胞子液量を見定め、均等になるように攪拌し、ピペットでその一定量 (0.1cc～0.05cc) をすばやくスライドグラスに取り、その中の健全と思われる全胞子を数え (3～4枚のスライドについて行い、それを平均した)、それより全胞子液中の健全胞子を計算し、生鮮重量 (後述の W_1) の瓦当りの数を求めて放出量とした。着生率は上述のような別のスライドグラスを一定時間後に水洗して、その着生数と上述の平均放出数より計算した。着生可能胞子は大体5～10分で着生を終えるようなので、本実験では5～10分後の着生率を求めた。発芽率は着生後5～6日に調べ、分裂していないものは死滅したものとした。藻体の乾燥度は、浸漬取上げ後表面の水滴を拭った重さを W_1 、陸干させた浸漬前の重量を W_2 とすれば、 $(W_1 - W_2) \times 100 / W_1$ で概算した。この乾燥度の大体の見当は、両種とも藻体表面が湿って居れば0～20%、全表面が乾いて柔軟であれば20～50%、硬くなって折れ易い程度であれば60%以上のものである。実験期間の気温は17～27°C、水温は16～24°C の範囲であった。

実 験 結 果

A. フクロフノリ

浸水状態での放出時刻は主に午前であるので陸干は夜半より始め、陸干中に放出時刻が含まれるようにした。午後より開始した実験も1回あるが放出時刻が陸干中に含まれれば結果は大体同じであった。小潮時にも数回行ったが放出量が非常に少く、陸干の影響を知ることが出来ないので省略した。放出量、着生率、着生可能胞子量について各実験毎にまとめて、大潮数日前より始めた時の結果を第1図に、放出量の最も多い大潮時に行った結果を第2図にそれぞれ2例ずつ示した。

1) 放 出 量

これらの図で明らかなように、放出量は乾燥度、潮汐 (月令) 及び陸干時間によって異ってくる。一般に陸干が長くなると放出胞子中に死滅解体したものが多くなり健全な胞子が少くなる。

乾燥度の高い室内放置の藻体より放出される胞子は約40時間の陸干で、21%区のものでは60～80時間の陸干で大部分死滅したもののばかりになるようである。湿度97%区では40～50時間以上陸干すると、死胞子が多く放出され、発芽して2～3細胞に分裂したように見えるものも混じるようになる。これは多湿区では陸干中に下に敷いてある濾紙に多数の胞子が放出される事が多いので、放出時刻になると胞子は体表面に放出され、大部分が死滅して一部が発芽し、海水に浸した時に恰も藻体より放出されたように見える為と思われる。この発芽中と思われる胞子は更に分裂する事はなく死滅するようである。更に長時間陸干すると未熟胞子も塊になって放出される事がある。62%区では、放出量が多いが死胞子は全実験区中最も少いようである。

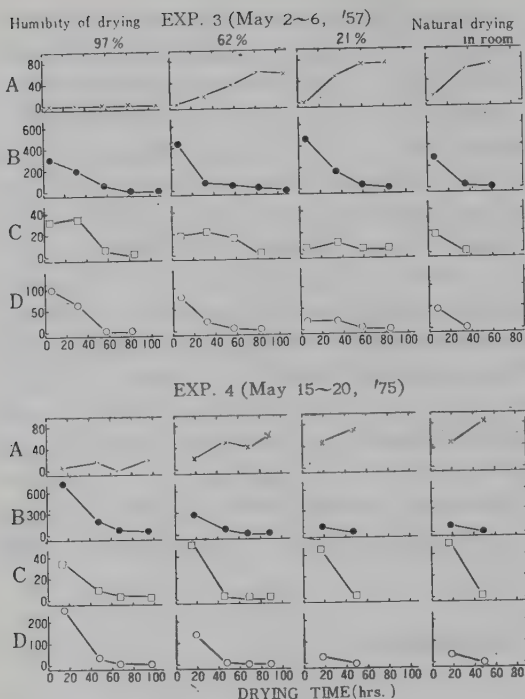


Fig. 2. Variation of the shedding amount and the rate of adhesion of the tetraspores of *G. furcata* according to the drying time of the fronds, in the spring tide.

A, degree of desiccation of the fronds (%).

B, number of the spores liberated from the fronds per 1g. of raw material (thousand).

C, rate of adhesion of the liberated spores (%).

D, number of the spores that are possible to adhere (thousand).

能胞子量を算出すると、大潮時より蔭干を始めた場合には、97%区、62%区では約60時間、21%区では40～50時間、室内放置区では20～30時間が限界で、大潮前に行くとこの限界時間は各々少し長く、特に62%区では数日後に著しく増加する結果が得られている。一般に62%区で行った場合が最良で、次いで97%区、21%区、室内放置区の順のようである。

3) 発芽率

着生胞子の発芽率は全実験としては行わなかったので一部の実験結果を第3図に示した。これでわかるように、着生可能胞子の放出される範囲内では、乾燥度による差異は殆んどないようであり、60時間以内の蔭干によって放出される胞子は大体同じ発芽率で、それ以上長くなると低下するようである。

4) 有効胞子量

第1図及び第2図で示した4例の有効胞子量を第4図に示した。これに依れば、大潮前に蔭

しかし湿度の高い方が、少量ではあるが長時間の蔭干後にも健全な胞子を放出するようである

多くの胞子母細胞が2～3分裂した時期に相当すると思われるの大潮数日前に蔭干を始めると、第1図で示されるように数日後の方が多量の胞子を放出するが、大潮時の完熟胞子の最も多い時に始めた場合には、第2図で明らかなように、蔭干時間が長くなるにつれて胞子量は減少して行く。全般を通じて、放出量及び蔭干の限界時間は98%区、62%区、21%区室内放置区の順であった。

2) 着生率及び着生可能胞子量

着生率は蔭干の長さと共に減少して行くようで、多湿の97%区、62%区で蔭干させた藻体から放出される胞子が最も高率で、80時間蔭干後にも着生し得る胞子を放出するが、21%区では60時間、室内に放置したものは40～50時間が着生可能胞子を放出する限界のようである。

放出量と着生率より着生可

干した場合には、或程度乾燥する62%区では数日後に著しく増加し、放出は約80時間後まで見られる。97%, 21%両区でも1~2日後に増加が認められ、限界時間は60~80時間であり、室内に放置した藻体では1日後には殆んど放出しない。放出量の減少する時期即ち大潮後に陰干を行った時には、胞子は湿度の高い順に多い様で、放出の見られる陰干時間も大潮前の場合よりそれぞれ少し短くなって来る。

B. マ フ ノ リ

陰干はその中に放出時刻が含まれるように午後より始めた。実験結果はフクロフノリと大差ないようであったので2例のみを第5図に示した。この図より以下のことが知られる。

1) 放出量は潮汐、乾燥度及び陰干時間によって異なる。大潮頃に行くと陰干が長くなるにつれて放出量は減少し、大潮前であれば後日後に、特に高湿度では著しく増加する傾向が見られる。放出の見られる限界は、97%区で約100時間、71%区で80時間、37%区で70時間位である。なおマフノリもフクロフノリの場合と同様、湿度の高い実験区で2日位陰干すると死胞子が多くなり、分裂しているものも混じるようになる場合が多かった。

2) 着生率は陰干が長くなるにつれて低率になるが、或程度乾燥した藻体からの胞子が高率を示し、71%区が最も良いようである。97%区で行った場合には最低の結果が得られているが、放出量の少ない時の実験では3実験区とも差異が認められない事があった。

3) 発芽率は70時間陰干まで差異があるとはいえないようで、又乾燥度には特に関係ないようである。

4) 以上より計算した有効胞子量は71%区が最も多く、次いで37%, 97%区の順で、各区とも約50時間の陰干で殆んど放出しなくなるようである。

考 察

上記実験結果によれば、マフノリとフクロフノリとは有効胞子を放出し得る陰干時間の限界が少し異なるが、これは生育帯の相違による乾燥に対する抵抗力に基くものと考えられる。これ以

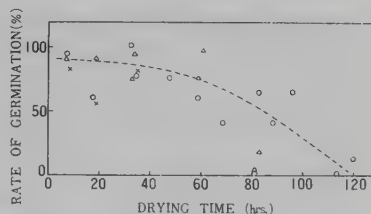


Fig. 3. Relationship between the drying time of fronds and the rate of germination of the adherent tetraspores, in *G. furcata*. ○, humidity of drying of the fronds, 97%; △, the same 21%; ×, the same 21%.

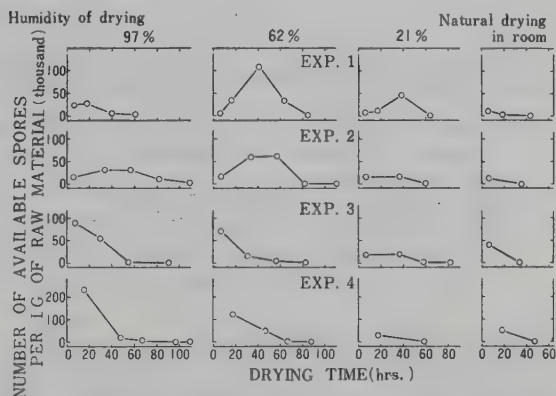


Fig. 4. Relationship between the drying time of the fronds and the amount of the available spores, in *G. furcata*.

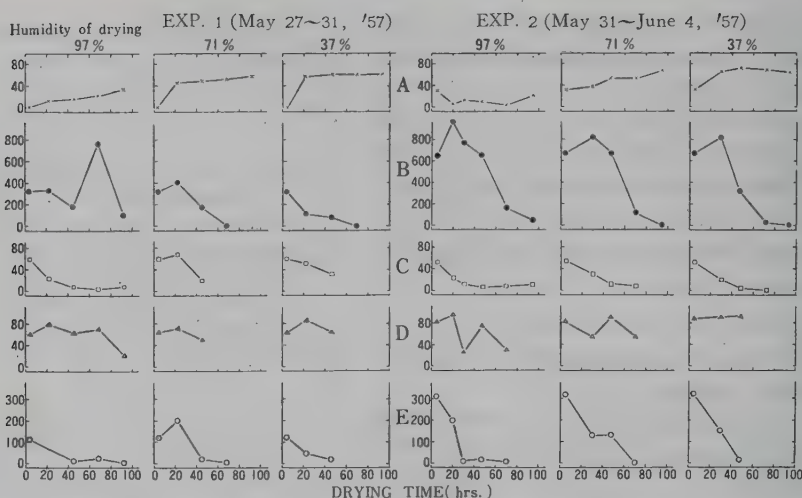


Fig. 5. Variation of the shedding amount and vitality of the tetraspores of *G. tenax* according to the drying time of the fronds. Exp. 1 began the drying in a few days before the spring tide and for Exp. 2 in the spring tide.

A, degree of desiccation of the fronds (%).

B, number of the spores liberated from the fronds per 1 g. or raw material (thousand).

C, ratio of adhesion of the liberated spores (%).

D, number of the spores that are possible to adhere (thousand).

外は兩種とも大体同様の傾向が見られる。

放出量は乾燥度及び潮汐（月令）によって異なる。湿度の高い条件で1日以上蔭干すると、胞子は体表面に放出されるが死滅するものが多いが、長時間の蔭干後にも健全な胞子が少量ではあるが放出されるので、多湿であれば胞子は長時間健全に保たれるのか、又数日後に放出量が増加することがあることから見て、蔭干中にも或程度生理作用が続けられ、長時間の蔭干後でも少量づつ完全して行くのではないかと考えられる。少し乾燥した条件即ち62%区、71%区で蔭干すると、藻体に適度の水分のある間に完全胞子が作られ、水分が減少して体表面が乾燥すると、蔭干中に胞子が放出されることはなく、海水に浸した時に一斉に放出されるので、胞子の多い割に死胞子は少ないものと思われる。更に長時間蔭干すると、又短時間でも乾燥度が健全高いと、死胞子が多くなり、又新しく完全しないので放出量は減少して行くのだろう。

フノリの胞子放出量には前報までに屢々報じたように人体一潮の週期があり、西川⁹⁾によっても2~3分裂した胞子母細胞は一両口中に完全し、完全胞子は大潮時に多いことが観察されている。それ故、蔭干を行う日の潮汐によって放出量も異なってくる。未熟胞子の多い小潮時には蔭干しても放出量は少ないが、完全胞子の多い大潮時には、放出時刻頃に短時間蔭干した方が死胞子が少ないが多量の胞子を放出し、蔭干が長時間に及ぶと、湿度の高い時には上述の原因により死滅解体する胞子が新たに成熟するものより多い為に、又乾燥した状態では完全する胞子が少ない上に死滅するものもあるので、健全胞子は次第に減少して行くものと思う。大潮数日前の完全胞子より2~3分裂した母細胞の多い時期では、或程度の湿気があれば、これ等の母細胞が蔭干中に完全し死滅する胞子より多いが数日後に放出量の増加が見られる。

特に死胞子の少ない62%, 71%区では著しく、高湿区より短時間の蔭干で急激に増加するようである。この事より乾燥が或程度成熟に関係するのではないかと考えられる。この時の放出量の変化は浸水状態の儘で放置した場合と大体一致するようである。乾燥度の高い時には新しく胞子が成熟しない為か著しい増加は認められず、大潮前後で大体同様の経過をとるようである。

着生率はフクロフノリでは高湿区でも高いのに対してマフノリでは低い結果が得られているが、放出量の少ない他の実験では乾燥度による著しい差異は認められないこともあったので、果して低率であるかどうか判らない。概して乾燥度の高い方が短時間の蔭干で低率になるようである。

発芽率は一応着生した胞子について行つたのでその活力は大体同程度と考えられ、従つて藻体の乾燥度及び蔭干時間による著しい差異はないのだろう。

有効胞子量は主として放出量によつて左右されるので、上述の結果より判断すると、大潮数日前には1日位の蔭干は極端に乾燥させなければ大丈夫であるが、2~3日間行う時には藻体の表面が辛うじて乾燥する程度にした方がよい結果が得られるようである。しかし限界時間はフクロフノリでは3~4日、マフノリでは2~3日位でそれ以上の蔭干は効果がないと思う。大潮時には、藻体が極端に乾燥しなければその結果には大差なく、蔭干は両種とも2~3日間位が限界であろう。

放出量、着生率及び発芽率には相当の個体差があると思われるので、その絶対値より変動について主に検討してみた。又放出量は藻体の瓦当りで示したので多量の藻体を用いれば、又必要胞子量の多寡によつて、上述の限界時間も当然異なつて来るものと考えられる。

要 約

マフノリ及びフクロフノリを3段階の恒湿室で種々の時間蔭干して、フクロフノリではこれと平行して室内で放置乾燥させた藻体についても、健全な胞子放出量、着生率及び発芽率を測定し、更にこれらより有効胞子量を算出し、蔭干の長さに伴うこれらの変動について調べた。

マフノリとフクロフノリとは健全胞子の放出される蔭干時間の限界が少し異なる以外は大体同様である。

- 1) 放出量及び放出の見られる蔭干の限界は乾燥度及び潮汐(月令)によつて異なる。
- 2) 完熟胞子の多い大潮時に蔭干を始めた場合には乾燥度に関係なく蔭干が長くなるにつれて放出量は減少して行くが、藻体が湿っている方が多くの胞子を放出するようである。大潮数日前に蔭干すると、藻体が極端に乾燥しなければ1~2日間蔭干した方が多くの胞子が放出される。湿っている方が少量ではあるが長時間の蔭干後まで健全胞子を放出する。
- 3) 胞子の着生率は蔭干が長くなれば少し低率になるが、これらの胞子の発芽率は活力が同程度である為か藻体を2~3日蔭干しても殆んど同様である。
- 4) 有効胞子量は主として放出量によつて左右され、従つて乾燥度及び潮汐によつて異なつて来る。大潮時には放出量は蔭干の短い方が多く長くなるにつれて減少する。蔭干の限界は両種とも2~3日間である。大潮前であると1~2日後に、特に藻体表面が辛うじて乾燥する程度であれば、著しい増加が見られ、限界はマフノリで2~3日、フクロフノリで3~4日間位である。

文 献

- 1) 須藤 俊造：1948. 昆布科植物の游走子の放出，運動並びに着生（海藻孢子付けの研究，第一報），日水誌，**13**，123～128.
- 2) ————：1952. ワカメ，カジメ及びアラメの游走子の放出について—Ⅱ（全第13報），日水誌，**18**，1～5.
- 3) ————：1949. フノリの胞子の放出，浮游及び着生（全第四報），日水誌，**14**，184～188.
- 4) 木下虎一郎：1949. コンブとワカメの増殖に関する研究，北方出版社.
- 5) ————：1949. ノリ・テングサ・フノリ及びギンナンソウの増殖に関する研究，北方出版社.
- 6) 松井 敏夫・安田 力：1955. マフノリ及びフクロフノリの胞子放出について（Ⅰ），本報告，**4**，245～251.
- 7) ————：1956. 全（Ⅱ）放出時刻に及ぼす乾燥の影響，本報告，**6**，141～148.
- 8) ————：1957. 全（Ⅲ）自然岩礁に於ける冠水時の放出，本報告，**6**，353～358.
- 9) 西川 博：1957. 未発表，書簡.

The Relation between Chlorinity and Silicate Concentration of Waters Observed in Some Estuaries—IV*

By

Hiroshi MAEDA and Masakuni TSUKAMOTO

According to YOSHIMURA (1931 and 1936), the amount of dissolved silicate determinable easily and exactly is considered to be one of the most suitable indicators to show the mixing ratio of river water to sea water. And senior author (MAEDA, 1952 and 1953) reported already that the relation between chlorinity (dominant in sea water) and silicate concentration (dominant in river water) of estuarine waters is represented by the following formula: $[\text{SiO}_2] + A[\text{Cl}] = B \dots\dots (1)$ and also the relation between two constants of the above-mentioned formula is shown as follows: $B = 0.807 + 15.9 A \dots\dots (2)$ That is to say, the influence of a certain river upon sea at a certain time can be representable by single constant, each one of A and B . Further he and his coworkers (MAKIMOTO *et al.*, 1955) continued the study on this relation and reported in the third report of this series that, adding 16 examples of the relation formulae of the river Chikugo, Formula (2) is amended to be $B = 0.0037 + 17.665 A$. And in the same report, they show that both or each of two constants (A and B) in surveyed regions are arranged as follows in the order of values from lower to higher: Japan Sea Group.....Seto-naikai Group.....Pacific Ocean Group.....Ariake Sea Group.

But in spite of the fact that all examples of the Seto-naikai Group already analysed were obtained from Kojima Bay, the innermost part of this bay has been recently partitioned and artificially desalinated into fresh or brackish water lake. Accordingly, it is highly probable that $[\text{Cl}]$ - $[\text{SiO}_2]$ relation after damming of not only the estuarine waters of the rivers pouring into the inner parts of the dam but also those flowing into the outer parts of it may somewhat differ from those observed before the beginning of damming, even if the characteristics of the rivers themselves are rather invariable. Most constants of Lake Hamana were computed from the records obtained in 1934 and succeeding year; and it is also expected to show some different features at present. And these facts may have worth while to be studied. Moreover, most examples of the

* Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 270.

Received July 23, 1959.

Pacific Ocean Group were obtained from Lake Hamana. Accordingly, the examples obtained from the other parts of the Pacific Ocean coast than Lake Hamana should be added. And for this reason, several examples obtained from the estuarine region of the river Edo are added. On the other hand, it was reported in the third report that the constants of the river Chikugo which is nominated as Ariake Sea Group were far larger than those of the other groups although they (A and B) keep still the same relation as to the others. Accordingly, the relation between chlorinity and silicate concentration of the estuarine waters of the other rivers than the Chikugo pouring into Ariake Sea or adjacent waters should be examined. For this purpose, examples obtained from the estuarine region of the river Kuma which pours into Yatsushiro Sea are employed. The examples picked up basing the abovementioned points of views are analysed and the facts deducible from the results will be shown in this report.

Before entering the subject, we wish to express here our sincere thanks to Prof. Dr. D. MIYADI of the Zoological Institute of the Kyoto University and Dr. T. TOKIOKA of the Seto Marine Biological Laboratory of the same university and Prof. Dr. I. MATSUI of the Shimonoseki College of Fisheries for their valuable advices and criticisms given on the present series of works.

Methods

All data used in this report were cited from the reports annotated in respective figures. Chlorinity and silicate concentration were determined by the method standardized by the Oceanographical society of Japan (Chlorinity: MOHR's silver titration method, silicate concentration: DIENERT-WANDENBULCK's colorimetric method). The data were treated by the same method as described in the second report of this series (MAÉDA, 1953). But before treating statistically, following preliminary considerations were given. Among many records of on shore observations, there are many examples, the chlorinity of which does not vary widely (usually restricted within the range from 16 to 18‰) indicating river water was not so influential or stations were located out of the course of the river water in the sea. And such examples are not employed in this report, even if silicate may vary widely, because $[Cl] - [SiO_2]$ relation in such examples shows rather that within the same water mass and results to represent the influence of the other factors than river water, against the fact that the abovementioned relation treated in this series of reports is chiefly that observed in the mixing process of river water into principal water mass in the bay. While there are also many cases, in which distribution of most points representing the chlorinity and silicate concentration of respective water samples is strongly biased into being restricted within a part in the graph, frequently around the point ($[Cl] = 16 \sim 17\%$ and $[SiO_2] = 0.5 \text{ mg/L}$) or thereabout. And such case may be observable when the

water samples are taken from several depth levels at respective stations or when the stations are located out of the river in the sea. And for the purpose of making applicable to the statistical treatment, some water samples in such examples are thinned out by limiting the depth levels or localities and the bias of distribution of water samples to higher chlorinity is adjusted. On the other hand, there are some examples in which the $[Cl]-[SiO_2]$ relation of some water samples is clearly out of that assumed from the other samples obtained at the same observation. But the author examining the localities and depth levels or topographical conditions, it may be assumable that most of such water samples are strongly affected by the influence of

Table 1. Constants, A and B, of the $[Cl]-[SiO_2]$ relation formulae.

Name of Bay	Name of River	Date	Size of Sample	F _o	F	Level of Signif.	A	B
Kojima Bay	Yoshii	Aug. 19-21, '52	7	75.10	22.79	< 0.005	0.418	9.186
	Asahi		18	189.25	10.58	< 0.005	0.843	15.361
	Sasagase		26	269.31	9.55	< 0.005	0.849	15.933
	Yoshii	Aug. 26-28, '53	8	159.77	18.64	< 0.005	0.462	8.556
	Asahi		18	100.21	10.58	< 0.005	0.454	8.478
	Sasagase		28	113.70	9.41	< 0.005	0.455	9.460
Lake Hamana		Apr. 9, '53	14	26.23	11.75	< 0.005	0.165	4.138
		June 15,	15	236.90	11.37	< 0.005	0.391	8.153
		Sept. 15,	16	11.30	11.06	< 0.005	0.242	4.884
		Oct. 12,	16	82.66	11.06	< 0.005	0.534	10.272
		Dec. 9,	16	40.35	11.06	< 0.005	0.180	3.943
		Feb. 9, '54	14	198.83	11.75	< 0.005	0.358	7.340
		Apr. 16,	16	278.26	11.06	< 0.005	0.509	9.602
		May 12,	15	290.04	11.37	< 0.005	0.788	10.412
		June 16,	15	20.15	11.37	< 0.005	0.446	7.788
		July 7,	15	87.74	11.37	< 0.005	0.311	6.303
		Oct. 4,	14	61.44	11.75	< 0.005	0.245	5.197
		Dec. 9,	15	19.71	11.37	< 0.005	0.168	4.174
		Jan. 25, '55	14	162.22	11.75	< 0.005	0.336	6.803
		Feb. 10,	16	315.44	11.06	< 0.005	0.286	5.760
		Mar. 15,	16	43.30	11.06	< 0.005	0.159	3.455
Off Urayasu	Edo	Oct. 22, '56	23	152.66	9.83	< 0.005	0.619	12.392
		Nov. 26,	11	317.06	13.61	< 0.005	0.653	12.407
		Dec. 14,	12	77.79	12.83	< 0.005	0.430	9.304
		Jan. 17, '57	24	644.21	9.73	< 0.005	0.514	9.823
Yatsushiro Sea	Kuma	Feb. 18,	6	13.26	12.22	0.025-0.01	0.205	9.930
		Aug. 30	40	61.28	about 9	< 0.005	0.453	8.817
		Sept. 2, '49	21	24.92	10.07	< 0.005	0.255	4.968
		Dec. 7, '49	21	46.90	10.07	< 0.005	0.301	6.794

Note : $[Cl]$: ‰, $[SiO_2]$: mg/L. $[SiO_2] + A[Cl] = B$

stagnation or are probably sampled from the different water masses. And concerning with such water samples, whether they should be rejected in the consideration or not is examined case by case.

Results

Kojima Bay

The topographical and oceanographical conditions of this bay



Fig. 1. Chart of Kojima Bay, showing the stations (YAMAZI, 1954)

--- indicates the locality of dam.

○ indicates the stations retaining the water derived from the river Yoshii.

● indicates the stations retaining the water derived from the river Asahi.

And x indicates the stations retaining the water derived from the river Sasagase.

were already reported by YAMAZI (1954) in detail. And among 4 series of observations reported by him, the earlier two, when the artificial fresh water lake formation was not yet started, were already analysed and reported in the first report of this series (MAEDA, 1952). Accordingly, here, we wish to add the analyses on the latter 2 series of observations, when the fresh water lake formation was in progress. And the results are represented in Figs. 2 and 3, which indicate that the relations of concentration of

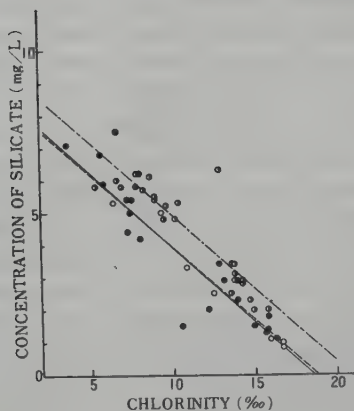


Fig. 2. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by YAMAZI in Kojima Bay (Aug. 19—21, 1952).

Note: Symbols are the same as to Fig. 1. While x is changed into ○.

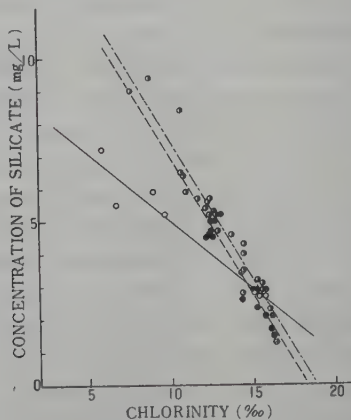


Fig. 3. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by YAMAZI in Kojima Bay (Aug. 26—28, 1953).

Symbols are the same as to Fig. 2.

Table 2. Constant, A , of the $[\text{Cl}]-[\text{SiO}_2]$ relation formulae obtained from Kojima Bay before and after the beginning of damming.

	Date Name of River	Before		After	
		May 26—31, '51	Feb. 26—27, '52	Aug. 19—21, '52	Aug. 26—28, '53
out of dam	Yoshii	0.443	0.614	0.418	0.462
	Asahi	0.438	0.463	0.843	0.454
in dam	Sasagase	0.420	0.542	0.849	0.455

Note: the same as to those shown in Table 1.

chlorine and silicate near the estuaries are also representable by general formula, $[\text{SiO}_2] + A[\text{Cl}] = B$, with considerable accuracy. While as shown in Table 2, no essential difference of this relation obtained before and after the beginning of damming was observable, although some differences of extent of nourishing area and amount of dilution *etc.* might be expected.

Lake Hamana The results of the observations pursued by the Hamamatsu Meteorological Observatory about 20 years ago were analysed in the second report of this series (MAEDA, 1953). But here we wish to analyse the recent oceanographical conditions offered by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station.

As shown in Figs. 5—19, $[\text{Cl}]-[\text{SiO}_2]$ relation in most examples is representable by the general formula, $[\text{SiO}_2] + A[\text{Cl}] = B$, although there are many examples in which the relation of some water samples obtained from the deeper layers where stagnation becomes influential (deeper parts of St. 6, because all other stations are less than 5 m deep) or from the stations located in the eastern inlet (St. 1 and St. 7) does not follow the general formula and such water samples are rejected because it is highly probable that they are sampled from the different water masses. While among other 9 examples obtained during the same period as to those represented in the figures but not used in this study, there are 4 examples in which the same relation is suspected but not analysed because it is not so clear as that illustrated in figures or the points representing the concentration of chlorine and silicate of

Table 3. Comparison of constants, A , obtained from Lake Hamana.

Year	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1934												0.750	
35		0.880			1.036					0.800*			
1953					1.165	C	0.391	St.	St.	0.242	0.534	C	0.180
54		+	0.358	+	0.509	0.788	0.446	0.311	St.	+	0.245	+	0.168
55		0.336	0.286	0.159									

Notes: the same as to those shown in Table 1.

+: linear relation is alluded but not so clear.

C: variation of SiO_2 is small.

St: stagnation is strong.

*: obtained from the results of observation pursued after heavy rain.

respective water samples are strongly restricted within two parts consequently the relation results to show not the mixing process but rather inter water masses one. There are two examples in which the concentration of silicate is rather invariable and unable to analyse. And other three examples are also not analysed because the strong influence of stagnation is alluded.

Against the fact that the relation formulae represented in the second report of this series were obtained partitioned the lake into 4 parts because plentifully much stations were set in all over the lake, we were obliged in this report to estimate the influence formula lake as a whole, because of scarcity of water samples taken. Accordingly, some differences due to this fact are presumably expected. But it may

safely be described as one of the most conspicuous differences observable between the results of observations passing 20 years that, as shown in Table 3, in spite of high values of A in 1934 or succeeding year, those in 1953—1955 are lower and take the values as high as or a little lower than those obtained in Seto-naikai Group.

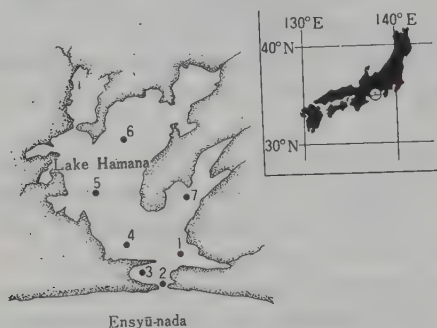


Fig. 4. Chart of Lake Hamana, showing the stations (Shizuoka Prefectural Fisheries Station).

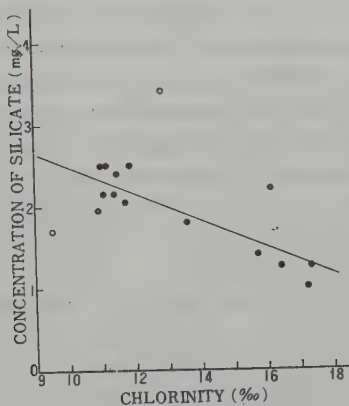


Fig. 5. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Apr. 9, 1953).

Remarks: The upper open circle (St. 1—0m) and the lower one (St. 7—0m), which seem to be apart from regression line, are omitted from estimation.

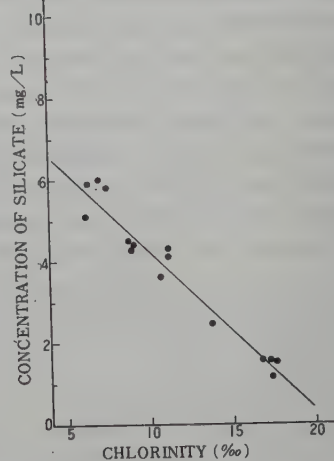


Fig. 6. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (June 15, 1953).

Remarks: Open circle (St. 7—0m), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation.

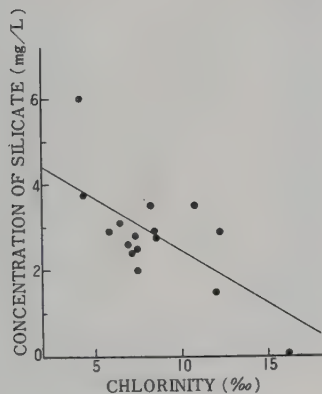


Fig. 7. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana. (Sept. 15, 1953).

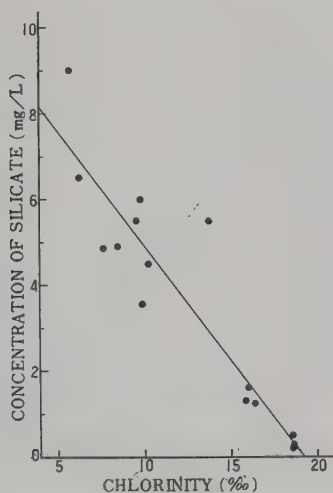


Fig. 8. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Oct. 12, 1953).

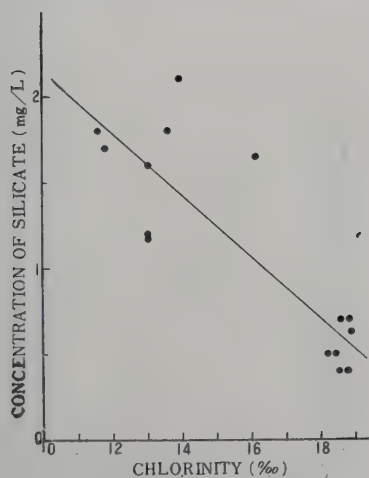


Fig. 9. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Dec. 9, 1953).

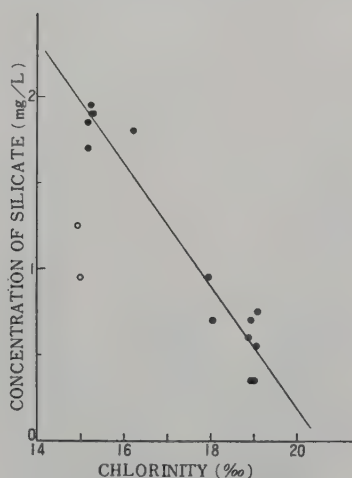


Fig. 10. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Feb. 9, 1954).

Remarks: Open circles (St. 7—0m, St. 7—1.7m), which seem to be apart from regression line, are omitted from the estimation of regression line.

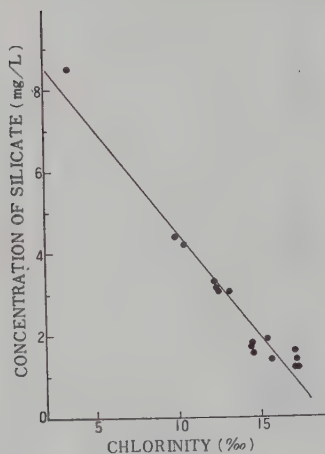


Fig. 11. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (April 16, 1954).

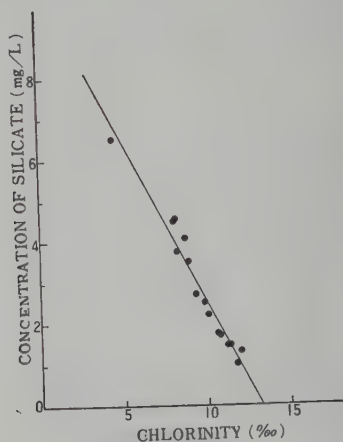


Fig. 12. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (May 12, 1954).

Remarks: Open circle (St. 6—10m), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation of regression line.

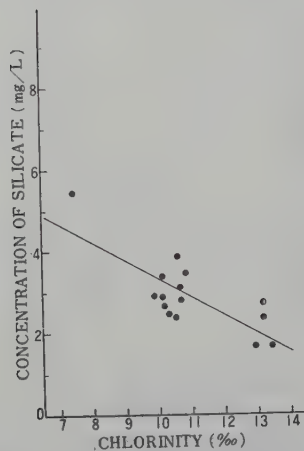


Fig. 13. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (June 16, 1954).

Remarks: Open circle (St. 6—10m), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation of regression line.

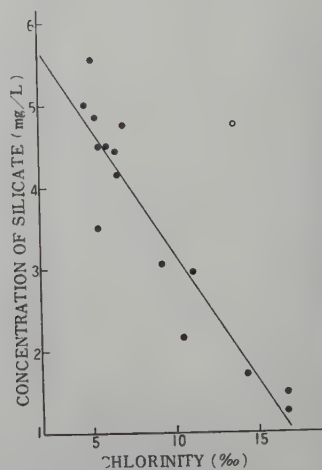


Fig. 14. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (July 7, 1954).

Remarks: Open circle (St. 6—10m), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation of regression line.

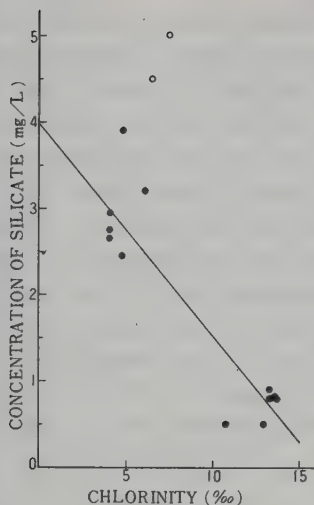


Fig. 15. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Oct. 4, 1954).

Remarks: Open circles (St. 6—6m, St. 6—10m), which seem to be apart from regression line, are omitted from the estimation of regression line.

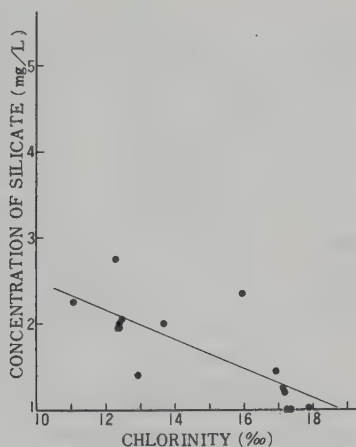


Fig. 16. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Dec. 9, 1954).

Remarks: Open circle (St. 6—10m), which seems to be apart from the regression line, is omitted from the estimation of regression line.

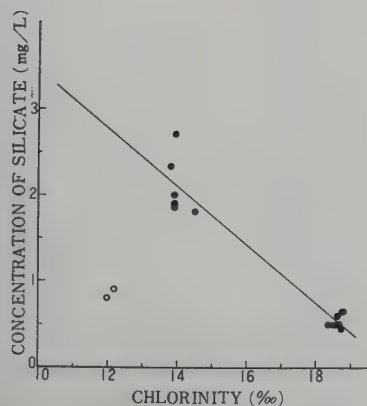


Fig. 17. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Jan. 25, 1955).

Remarks: Open circles (St. 7—0m, St. 7—1.4m), which seem to be apart from regression line, are omitted from the estimation of regression line.

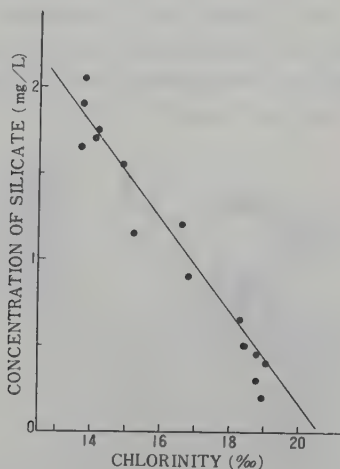


Fig. 18. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Feb. 10, 1955).

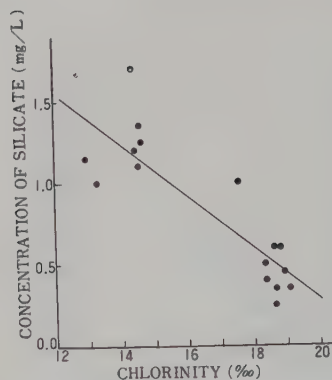


Fig. 19. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Shizuoka Prefectural Fisheries Station in Lake Hamana (Mar. 15, 1955).

Off Urayasu Urayasu, having wide tide-land where is prominent culturing ground of shell fish and laver, is located at the innermost part of Tokyo Bay and poured by the river Edo. And although this region is classified into Pacific Ocean Group, this area shows some common features of biological, oceanographical and topographical conditions as to the estuarine region of the river Chikugo. But the computed constants from this region do not take the similar values but are showing the values of the same magnitude as to those of Pacific Ocean Group newly added.

Yatsushiro Sea Yatsushiro Sea is located at the middle of the west coast of Kyushu Island and separated from Eastern Sea by the Amakusa Islands. And Udo Peninsula separates it from Ariake Sea.

The largest source of land water is thought to be the river Kuma. But in spite of the fact that this and Ariake Sea are adjoined each other, quite the different pattern from that of Ariake Sea is observable, *i. e.* constants of the formulae are far lower and take the values between those of Japan Sea Group and Seto-naikai Group.



Fig. 20. Chart of the estuarine region of the river Edo (Off Urayasu), showing the stations (Chiba Prefectural Fisheries Station).

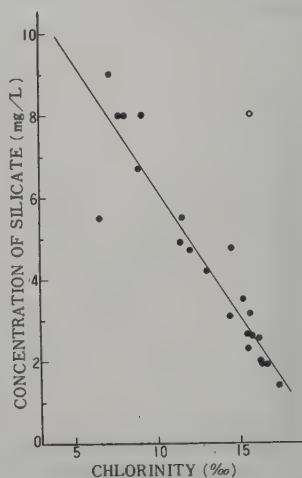


Fig. 21. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Chiba Prefectural Fisheries Station in the estuarine region of the river Edo (Oct. 22, 1956).

Remarks: Open circle (St. 6), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation of regression line.

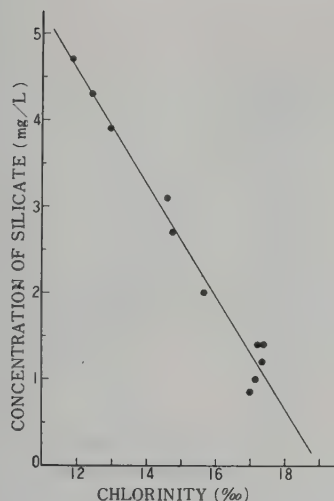


Fig. 22. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Chiba Prefectural Fisheries Station in the estuarine region of the river Edo (Nov. 26, 1956).

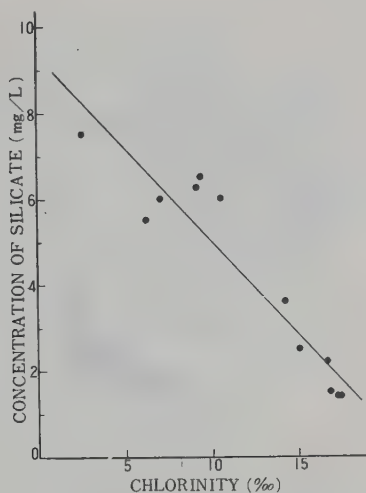


Fig. 23. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Chiba Prefectural Fisheries Station in the estuarine region of the river Edo (Dec. 14, 1956).

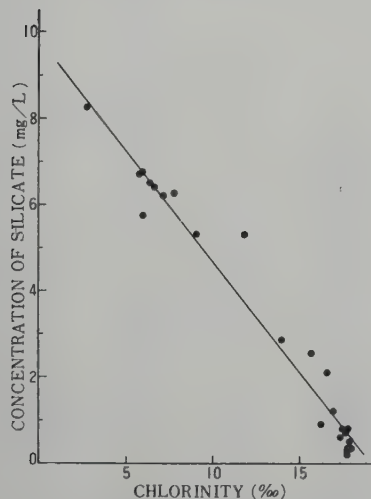


Fig. 24. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Chiba Prefectural Fisheries Station in the estuarine region of the river Edo. (Jan. 17, 1957).

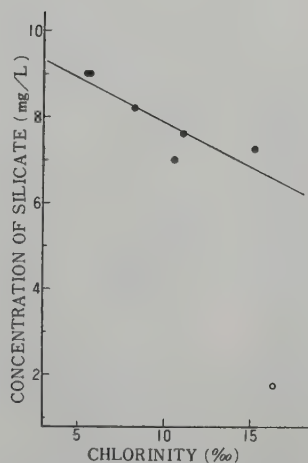


Fig. 25. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by the Chiba Prefectural Fisheries Station in the estuarine region of the river Edo (Feb. 18, 1957).

Remarks: Open circle (St. 5), which seems to be apart from regression line, is omitted from the estimation of regression line.



Fig. 26. Chart of Yatsushiro Sea, showing the stations (IKESUE *et al.*).

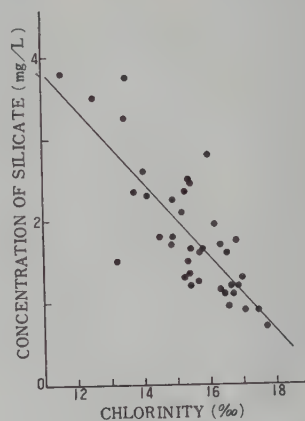


Fig. 27. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by IKESUE *et al.* in Yatsushiro Sea (Aug. 30–Sept. 2, 1949).

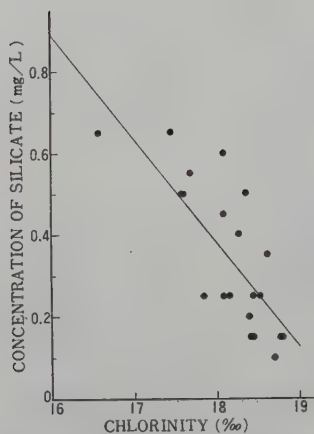


Fig. 28. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by IKESUE *et al.* in Yatsushiro Sea (Dec. 7, 1949).

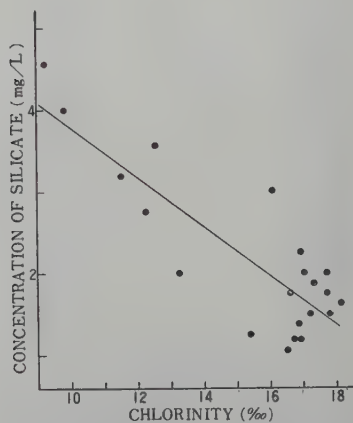


Fig. 29. Silicate-chlorine relation graph drawn on the data of observed by IKESUE *et al.* in Yatsushiro Sea (July 8, 1950).

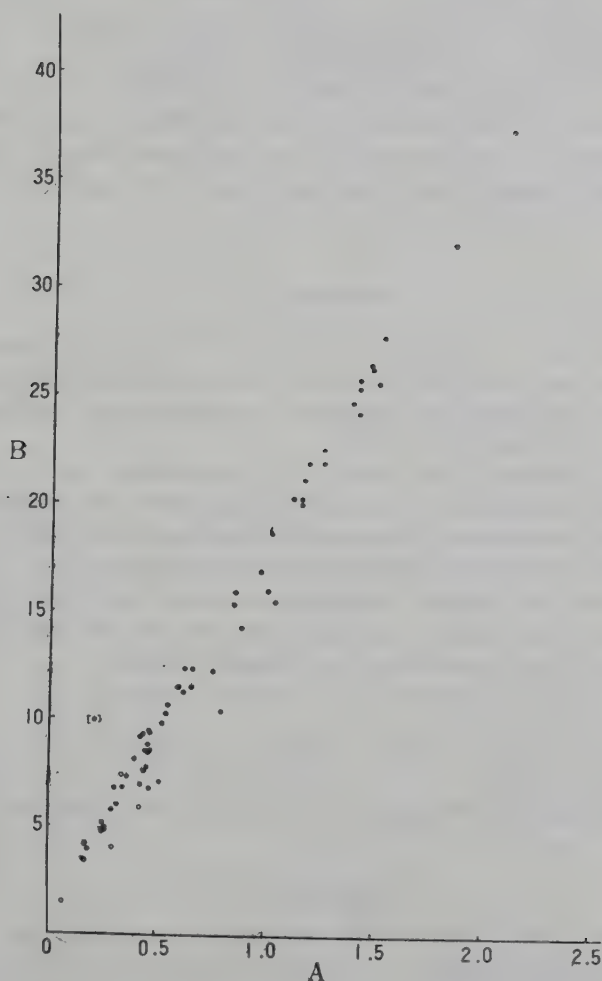


Fig. 30. Relation graph of Constants, A and B, of silicate-chlorine relation formula, $[\text{SiO}_2] + A[\text{Cl}] = B$.

Remarks	Already reported	Newly added
Japan Sea Group :	○	
Seto-naikai Group :	●	①
Pacific Ocean Group :	◐	②
Ariake Sea Group :	◑	③

The point enclosed in brackets is omitted from the estimation of A-B relation formula.

Discussion and Conclusion

The relation between two constants of relation formulae was already discussed in the second and the third reports of this series. But adding newly computed values, this is amended to be

$$B=0.755+17.07 A \quad (F_0=2576, n_1=1, n_2=65)$$

Senior author and his coworkers (MAKIMOTO *et al.*, 1955) reported in the third report of this series that constants show regional specificity. But preceeding the study, this fact becomes to be circumscribed within the lowest values. And it may well be said that A under ordinal conditions, except the examples of the river Chikugo, take 0.5 or thereabout (from 0.15 to 1.0).

Summary

1. Additional examples of $[Cl]-[SiO_2]$ relation of the estuarine waters observed in Kojima Bay and Lake Hamana and the examples obtained off Urayasu and Yatsushiro Sea are examined for the purpose mentioned in the introduction. And the results are represented in Table 1.
2. $[Cl]-[SiO_2]$ relations of these regions were representable also by the general formula, $[SiO_2]+A[Cl]=B$, like as the other inlet bays already reported.
3. In Kojima Bay, no essential difference of this relation was observed between the examples obtained before and after the beginning of damming.
4. Concerning with Lake Hamana, constants A observed in 1953—1955 are lower than those obtained in 1934 and succeeding year and take the values as high as or a little lower than those obtained in Seto-naikai Group.
5. Adding newly computed constants, $A-B$ relation is amended to be

$$B=0.755+17.07 A$$
6. The regional specificity of constants reported in the third report is circumscribed within the lowest values.
7. Under ordinal conditions, A takes 0.5 or thereabout (from 0.15 to 1.0).

Literatures

1. Chiba Prefectural Fisheries Station : 1957. *Annual Report* (1956), 1—22. (in Japanese).
2. IKESUE, : 1950. *Annual Report of the Kumamoto Prefectural Fisheries Station* (1949), 170—217. (in Japanese).
3. MAÉDA, H. : 1952. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **2**(2), 249—255.
4. ——— : 1953. *Jour. Shimonoseki Coll. Fish.*, **3**(2), 167—180.
5. MAKIMOTO, H. *et al.* : 1955. *Records Oceanogr. Works Jap.*, **2**(1), 106—112.
6. Shizuoka Prefectural Fisheries Station : 1954. *Annual Report* (1953) 169—200. (in Japanese).
7. ——— : 1956. *Annual Report* (1954) 227—251. (in Japanese).
8. YAMAZI, I. : 1954. *Publ. Seto Mar. Biol. Lab.*, **3**, 339—421.
9. YOSHIMURA, S. : 1931. *Gerlands Beitr. z. Geophys.*, **34**, 393—399.
10. ——— : 1936. *Sci. Rep. Tokyo Bunrika Daigaku, Ser. C*, **1**(3), 127—155.

海洋性硫酸塩還元細菌に関する研究—VII.

海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩
還元作用と、培地の酸化還元電位との
関係について (その1) ※

畑 幸彦・三好英夫*・門田 元*・木俣正夫**

Studies on the Marine Sulfate-Reducing Bacteria—VII.

Relation between the Activity of Marine Sulfate-Reducing Bacteria and
the Oxidation-Reduction Potential of the Culture Media (1)

By

Yoshihiko HATA, Hideo MIYOSHI, Hajime KADOTA and Masao KIMATA

The growth and activity of marine sulfate-reducing bacteria are significantly influenced by the oxidation-reduction potential of the environment; these bacteria are able to grow and to reduce sulfate only under the condition of a relatively low Eh value. These microorganisms, on the other hand, tend to create reducing conditions in the environments primarily by the formation of hydrogen sulfide which is an intense reducing substance. It seems, therefore, important to study the relation between the activity of sulfate-reducing bacteria and the oxidation-reduction potential of the environment, when we consider the activities of these microorganisms in relation the various biological processes taking place in marine or estuarine environments.

The present paper describes the response of marine sulfate-reducing bacteria to various media having different Eh values as well as the effects of the activity of these bacteria upon the oxidation-reduction potential of the environmental media.

The results obtained are shown in Figs. 1—9 and Table 1, and may be summarized as follows:

(1) In the media containing L-ascorbic acid or Na_2S as reducing agents, marine sulfate-reducing bacteria required an oxidation-reduction potential of lower than Eh +0.20 volt for the initiation of growth.

The lower the initial oxidation-reduction potential of the media, the shorter were the lag periods in the growth and in the sulfate reduction within certain limits. When

※ 水産講習所研究業績 第271号, 1959年7月21日 受理

* 京都大学食糧科学研究所

** 京都大学農学部水産学教室

the oxidation-reduction potentials of the media were low enough for these bacteria to initiate the growth, however, the maximum number of cells, the highest concentration of sulfides and the lowest value of Eh which resulted from the growth were almost constant regardless of the initial Eh value of the media. These bacteria generally lowered the oxidation-reduction potentials of culture media to about Eh -0.20 volt.

(2) The growth and the sulfate-reducing activity of these bacteria were partly inhibited by "free hydrogen sulfide", when this substance was contained in the media in high concentration. But in case that the greater part of the sulfides occurred as FeS, the growth and the activity of these organisms were not retarded. These results suggest that when the sulfides are contained in the form of "insoluble metallic sulfides", the growth and the activity of these bacteria are not suppressed, even if the concentration of total sulfides present is very high.

海洋性硫酸塩還元細菌は偏性嫌気性細菌であって、底土のような酸化電位の低い環境下においてのみ生育することができる。又、この細菌の硫酸塩還元作用によって生産される硫化物は強い還元性物質であるから、この細菌の発育にともなう環境培地の酸化還元電位は著しく変動することが予想される。したがって、この細菌の増殖あるいは硫酸塩還元作用と環境培地の酸化還元電位との関係は、自然環境下におけるこの細菌の活動ならびにそれが他の生物に及ぼす影響を検討するさいに、考慮しなければならない重要な課題の一つであると考えられる。

第 III 報¹⁾において、われわれは、この細菌の発育と培地の酸化還元電位降下剤としての L-ascorbic acid の濃度との関係に関する予備的実験を行なったが、本報ではこれを拡張し、この細菌の発育および硫酸塩還元作用と、培地の酸化還元電位との関係を種々の角度からさらにくわしく検討した結果を報告する。

実 験

(1) 海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用に及ぼす L-ascorbic acid の影響

これまでの実験においては、海洋性硫酸塩還元細菌の発育に必要な嫌気的条件を与えるため培地に通常 0.1 g/L の割合で L-ascorbic acid を添加して培養を行なって来たが、ここでは培地に添加する L-ascorbic acid の濃度を数段階にかえた場合、この細菌の発育、硫酸塩還元作用および培地の酸化還元電位がそれによってどのような影響を受けるかを検討した。実験方法は次の通りである。

Medium 1²⁾* から L-ascorbic acid を除いたものを基礎培地とし、これに L-ascorbic acid を種々の濃度に加え、これらのおのおのに、硫酸塩還元細菌の純粋培養から得た洗滌菌体懸濁液を少量接種して 30°C に培養し、細菌数、硫化物生成量ならびに培地の酸化還元電

* Ca-lactate, 3.5 g; beef extract, 1.0 g; peptone, 2.0 g; L-ascorbic acid, 0.1 g; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.2 g; K_2HPO_4 , 0.2 g; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.2 g; agar, 3.0 g; filtered sea water, 1,000cc; pH 7.5

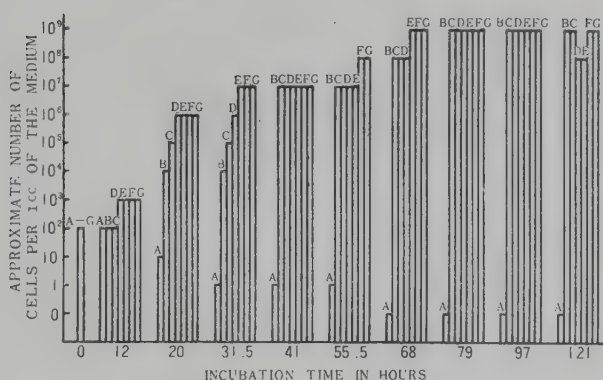


Fig. 1. Growth of sulfate-reducing bacteria at 30°C in the media containing L-ascorbic acid in various concentrations: medium A, 0 g/L; medium B, 0.01 g/L; medium C, 0.02 g/L; medium D, 0.03 g/L; medium E, 0.05 g/L; medium F, 0.1 g/L; medium G, 1.0 g/L.

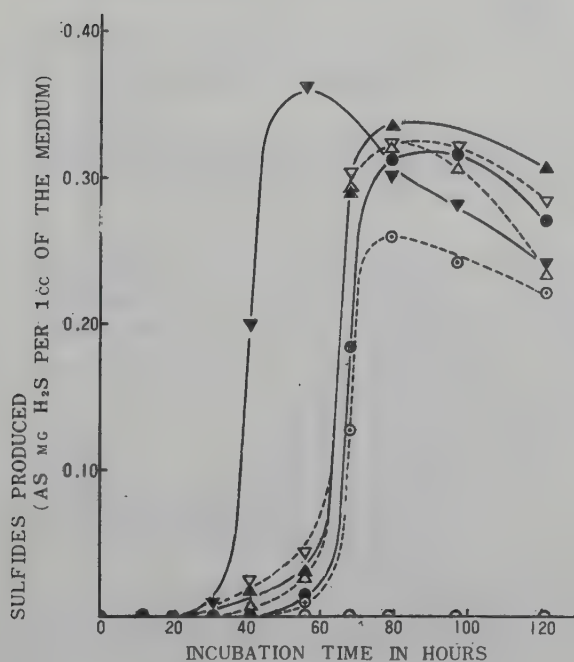


Fig. 2. Development of sulfides by sulfate-reducing bacteria at 30°C in the media containing L-ascorbic acid in various concentrations. Concentrations of L-ascorbic acid in the media were the same as those employed in Fig. 1.

○, medium A; ●, medium B; ●, medium C;
 △, medium D; ▲, medium E; ▽, medium F;
 ▼, medium G.

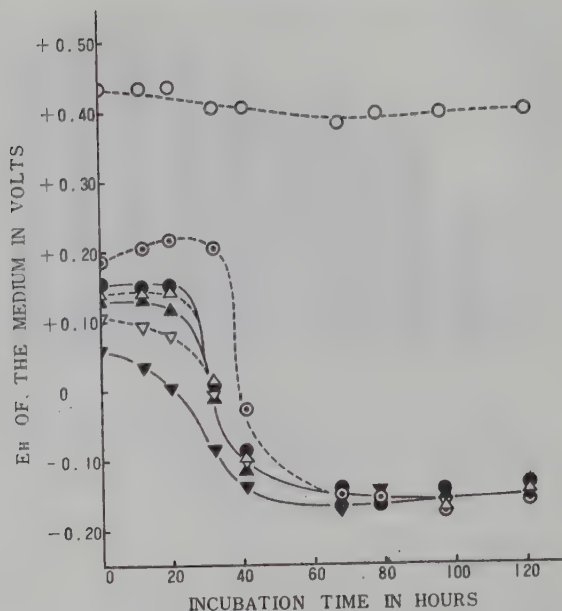


Fig. 3. Changes in oxidation-reduction potential of the media inoculated with sulfate-reducing bacteria during the incubation at 30°C. Composition of the media and their marks were the same as those employed in Fig. 2.

位の変化を経時的に測定した。洗滌菌体懸濁液を用いたのは、接種にともなう前培養から多量の還元性物質が導入されるのを防ぐためであって、懸濁液の調製は次の方法によった。

すなわち、まず海洋性硫酸塩還元細菌を、Medium 1²⁾ から寒天を除き、また $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の濃度を 0.05 g/L とした液体培地* に 30°C で 36 時間前培養し、これを 2,500 r.p.m. で 5 分間遠心して集菌し、滅菌海水で 2 回洗滌後、滅菌海水に再懸濁した。この洗滌菌体懸濁液を 0.01 cc/L の割合で被検培地に接種した。

細菌数の測定は Medium 1²⁾ を用いて extinction dilution method によって行ない、硫化物の定量は富山・神崎の方法³⁾ に従った。また、培地の酸化還元電位の測定には電位差計を用いた。なお、培養にさいしては、生産される硫化物の酸化、逸散を防ぐため、培養液の表面を約 2 cm の厚さに滅菌流動パラフィンで覆った。

実験の結果は第 1, 2 および 3 図に示す通りである。すなわち、L-ascorbic acid 無添加の対照区においては、硫酸塩還元細菌の生菌数が時間とともに減少したのに対して、L-ascorbic acid を 0.01 g/L** 以上含む培地（すなわち、initial Eh +0.2 volt 程度以下の培地）では

* 前培養培地中の $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を少なくしたのは、接種にともなう FeS が多量に導入されるのを防ぐためである。

** 第 III 報の実験では、L-ascorbic acid の濃度が 0.01 g/L の培地においても増殖がみとめられなかったが、これは、その際に用いた細菌の age がこの実験に用いたもののそれより old であったことによるものではないかと推定される。

接種後 12~20 時間位で増殖し始め、70~80 時間位で最大数 ($10^9 \sim 10^{10}$ cells/cc) に達した。この増殖速度は L-ascorbic acid の添加量の多いものにおける程大きかった。増殖にともなう硫化物の生成も、これとほぼ同様の傾向を示し、0.01 g/L 以上に L-ascorbic acid を含む培地では 30~40 時間頃から急激に増加した。この生成速度もまた一般に、L-ascorbic acid 濃度の高い培地における程大きかった。培地の酸化還元電位は、培養開始時には当然 L-ascorbic acid の濃度の高いもの程低い値を示したが、無添加の対照区を除いていずれの培地でも、細菌の発育ならびに硫化物の生成にともなって 20 時間前後から急激に降下した。また、これが最低値に達するまでの時間は、細菌の発育および硫酸塩の還元と同様に L-ascorbic acid の濃度の高いものにおける程短かかったが、最後に到達する最低値そのものは、いずれの培地でもほぼ等しく $E_h -0.15$ volt 附近の値を示した。

この酸化還元電位の降下は主として硫化物の蓄積によって起ったものと推定されるが、第 1、2 および 3 図を比較検討すると、酸化還元電位の降下はわずかながら硫化物の生成に先行し、むしろ発育自体と、より密接に関連して起っているようにみえる。そこでこの点を更に確かめるため、次に L-ascorbic acid の添加量を 0.1 g/L とした培地について測定間隔を短縮して上と同様の実験を行なった。その結果は第 4 図に示す通りである。

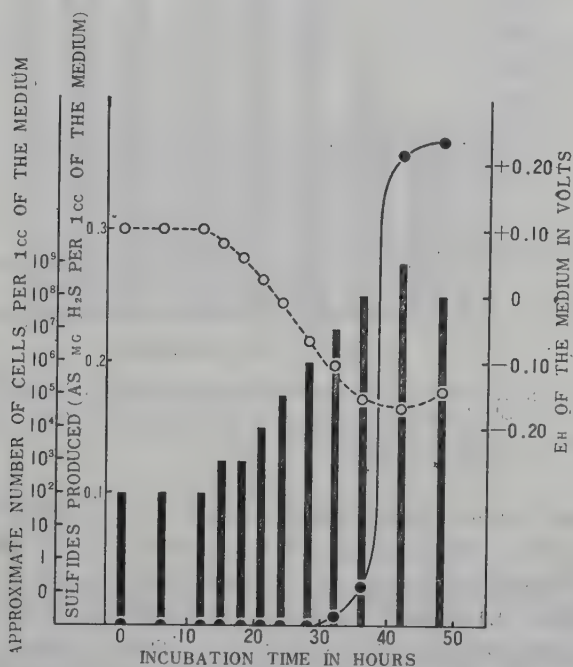


Fig. 4. Relation between the growth of sulfate-reducing bacteria, the production of sulfides and E_h of the medium at 30°C (initial concentration of L-ascorbic acid: 0.1 g/L).
 ■, number of cells; —●—, sulfides formed;
 ...○..., E_h of the medium.

すなわち、培地の酸化還元電位は、細菌の発育が認められるのと殆んど同時に（15時間頃より）降下し始め細菌数の増加にともなうて漸次低くなったが、一方、硫化物の生成はこれよりおくれ、32時間前後になってはじめて検出し得た。以上の結果は、培地の酸化還元電位の降下が、少なくとも培養初期においては、硫化物の蓄積に先行する細菌の増殖に附随しておこることを示している。

（2）海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用に及ぼす硫化物の影響

実験（1）の結果、培地中に存在する L-ascorbic acid の濃度が高くなるにしたがって、この細菌の発育ならびに硫酸塩還元速度が大きくなることが明らかになったが、次に、この細菌が天然のいわゆる還元泥中に存在する場合のように、硫化物を多量に含有する培地に生育するとき、その発育および硫酸塩還元作用が硫化物によって如何なる影響を受けるかを検討するため、L-ascorbic acid の代りに Na_2S を種々の濃度に添加した培地を用いて（1）と同様の実験を試みた。その結果は第5、6および7図に示す通りである。

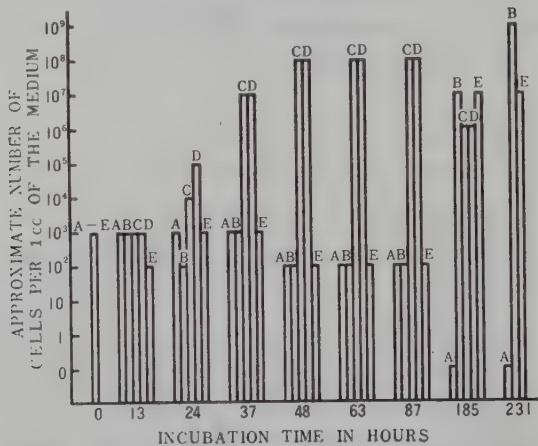


Fig. 5. Growth of sulfate-reducing bacteria at 30°C in the media added with Na_2S in various concentrations: medium A, 0 mM; medium B, 0.01 mM; medium C, 0.1 mM; medium D, 1.0 mM; medium E, 10.0 mM.

すなわち、 Na_2S を 0.01~1.0 mM の濃度に加えた培地では L-ascorbic acid の場合と同様にいずれもよく発育し、 Na_2S の添加量の多いものにおける程、発育、硫化物生成ならびに酸化還元電位降下の速度が大きかった。然るに、 Na_2S の濃度が 10 mM の培地では発育および硫化物生成の速度が 0.1~1.0 mM の場合よりもかえって低くなり、 Na_2S 濃度 0.01 mM の培地でのそれに匹敵する程度にとどまった。これは、硫化物がある程度以上の濃度に存在すると、この細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用が一部阻害されるためと思われる。よって、この点を更に確かめるため、次の実験を試みた。

Medium 1 から Ca-lactate, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ および L-ascorbic acid を除き lactic acid を 4.0 g/L 加えたものを基礎培地とし、これに $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ および $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ を種

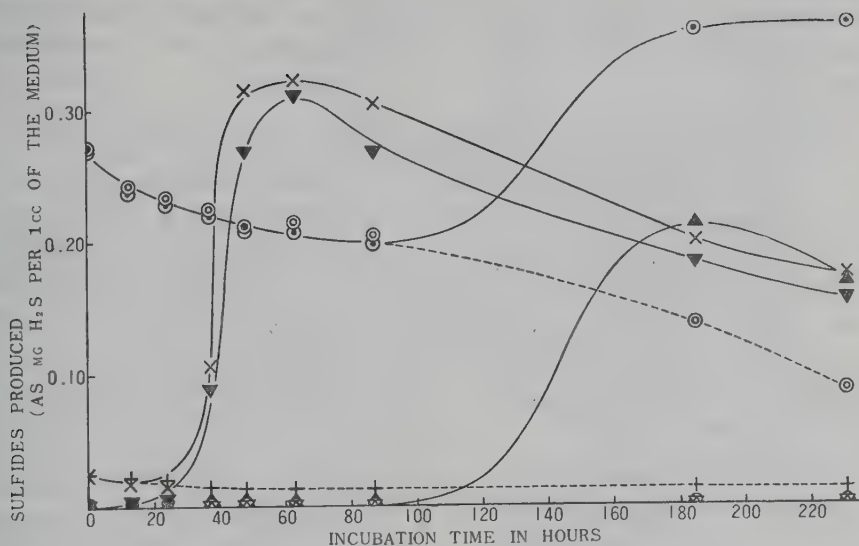


Fig. 6. Development of sulfides by sulfate-reducing bacteria at 30°C in the media added with Na₂S in various concentrations. Concentrations of Na₂S in the media were the same as those employed in Fig. 5.

—●— and —○—, medium A; —▲— and —△—, medium B; —▼— and —▽—, medium C; —×— and —+—, medium D; —●— and —○—, medium E.
—: inoculated with sulfate-reducing bacteria;: uninoculated control.

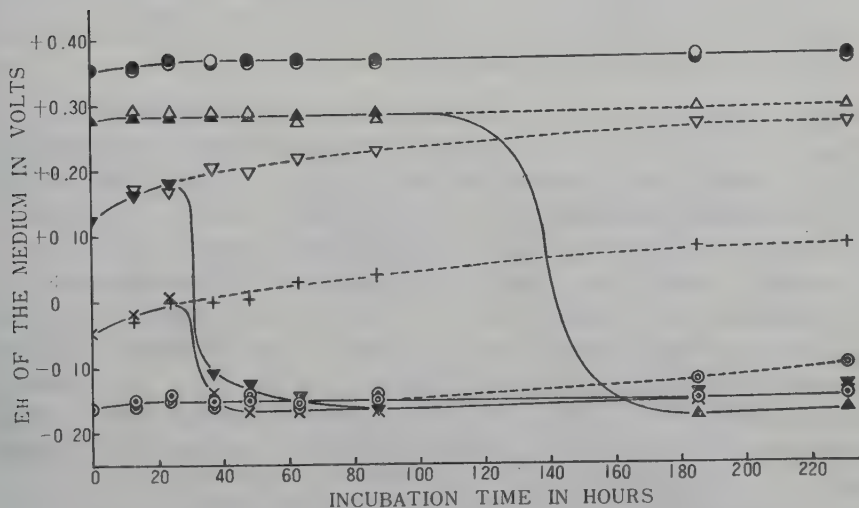


Fig. 7. Changes in oxidation-reduction potential of the media inoculated with sulfate-reducing bacteria during the incubation at 30°C. Composition of the media and their marks were the same as those employed in Fig. 6.

種の濃度に添加して上述と同様の方法で接種，培養を行ない，細菌の發育，硫化物の生成ならびに培地酸化還元電位の変動を測定觀察した。この場合における硫化物は，“遊離硫化水素”^{*}と不溶性金属硫化物^{**}とに分けて定量した。その結果は第1表，および第8ならびに9図に示す通りである。

Table 1. Production of "insoluble metallic sulfides" and "free H₂S" by sulfate-reducing bacteria in media added with Na₂S and FeSO₄ in various concentrations at 30°C.

Medium	Concentrations of supplements (mM)		Sulfides (H ₂ S mg/cc of medium)						
	Na ₂ S	FeSO ₄	Incubation time (hours)	0	23	46	70	142	214
A	1.0	1.0	Free H ₂ S	0.012	0.014	0.208	0.137		
			Insoluble sulfides	0.018	0.011	0.029	0.031		
B	1.0	10.0	Free H ₂ S	0.010	0.088	0.063	0.077		
			Insoluble sulfides	0.021	0.013	0.240	0.159		
C	1.0	50.0	Free H ₂ S	0.012	0.007	0.033	0.041		
			Insoluble sulfides	0.020	0.013	0.222	0.218		
D	10.0	1.0	Free H ₂ S	0.173	0.114	0.090	0.123	0.177	
			Insoluble sulfides	0.019	0.025	0.031	0.034	0.044	
E	10.0	10.0	Free H ₂ S	0.068	0.023	0.156	0.110		
			Insoluble sulfides	0.154	0.125	0.250	0.286		
F	50.0	1.0	Free H ₂ S	0.779	0.648	0.554	0.332	0.202	0.102
			Insoluble sulfides	0.031	0.036	0.032	0.031	0.028	0.027
G	50.0	50.0	Free H ₂ S	0.125	0.077	0.088	0.089		
			Insoluble sulfides	0.777	0.634	1.098	0.485		

* detected by steam distillation from neutral solution.

すなわち，medium A，B および C におけるように Na₂S の添加量が少ないか，又は medium E および G におけるように Na₂S が多くても同時に FeSO₄・7H₂O の添加量も多く従って“遊離硫化水素”の初発濃度が低い培地では，たとえ“不溶性金属硫化物”（この場合は FeS）が極めて高濃度に存在しても，つねに發育速度は大であった。一方，medium D および F におけるように，Na₂S に比して FeSO₄・7H₂O の添加量がいちじるしく少なく従って最初から“遊離硫化水素”が高濃度に存在する培地では，培地の初発酸化還元電位ならびに全硫化物量がそれぞれ medium E および G におけるとほとんど同様であるにもかかわらず，發育ならびに硫化物生成作用がいちじるしく阻害され，初発“遊離硫化水素”量の特に高い medium F においては214時間後にも發育が全くみられなかった。また，medium A および E におけるように，發育にともなって“遊離硫化水素”の蓄積が顕著になるとそれ以後の發育が阻害される傾向がみられた。培地の酸化還元電位は，つねに發育ならびに硫酸塩還元作用にともなって急激に降下した。

* 富山・神崎の定量法³)において，試料を塩酸酸性とせずそのまま（微アルカリ性で）蒸溜したときに溜出するものであって，厳密な意味での free H₂S のみを指すものではない。

** 上記の方法で蒸溜した後の試料を，更に塩酸酸性で蒸溜したときに溜出するもの。

結局以上の実験から、培地中に高濃度に硫化物が存在する場合、これが大部分“遊離”の硫化水素として存在するときには、この細菌の發育ならびに硫酸塩還元作用がいちじるしく阻害されるが、 Fe^{++} と反応して不溶性硫化鉄として存在するときには、それがたとえ極めて高濃度 (H_2S として 0.8 mg/cc 程度) であっても發育ならびに硫酸塩還元作用は何ら阻害を受けないことが明らかになった。しかし、この“遊離硫化水素”による阻害作用はほぼ H_2S 0.15 mg/cc 以上で起るものと推定される。また、培地の初発“遊離硫化水素”の濃度が高すぎたために發育が阻害された medium Dにおいては、かなりおくれて發育ならびに硫化物の生産が開始されたが、これは“遊離硫化水素”の酸化、逸散にもとづく減少によってその阻害が消失したためか、またはこの程度 (0.173 mg/cc) の硫化水素の存在下でも緩慢ながら發育が行われるためであろう。“遊離硫化水素”の濃度の最も高い (0.779 mg/cc) medium Fにおいては、更に約1ヵ月後“遊離硫化水素”

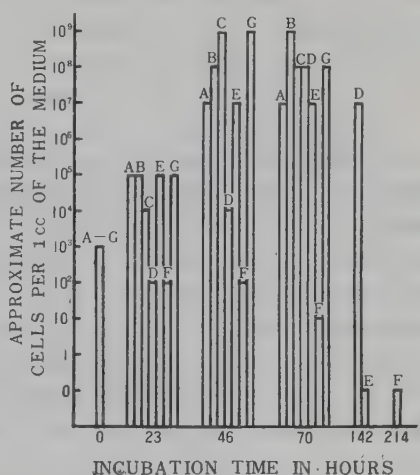


Fig. 8. Growth of sulfate-reducing bacteria at 30°C in the media added with Na_2S and FeSO_4 in various concentrations:

medium	concentrations of supplements (mM)	
	Na_2S	FeSO_4
A	1.0	1.0
B	1.0	10.0
C	1.0	50.0
D	10.0	1.0
E	10.0	10.0
F	50.0	1.0
G	50.0	50.0

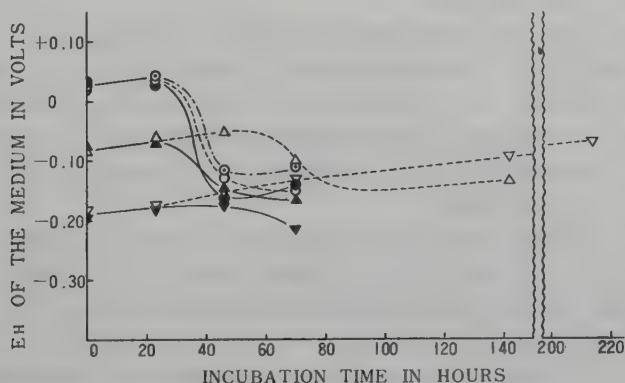


Fig. 9. Changes in oxidation-reduction potential of the media inoculated with sulfate-reducing bacteria during the incubation at 30°C . Composition of the media were the same as those employed in Fig. 8.
 ...○..., medium A; ...●..., medium B; —●—, medium C;
 ...△..., medium D; —▲—, medium E; ...▽..., medium F;
 —▼—, medium G.

がいちじるしく減少(約 0.03 mg/cc)した後においても全く発育が行われなかったが、これは不可逆的变化によって菌体が死滅したためであろう。

総 括

以上の実験(1)および(2)の結果、培地中における L-ascorbic acid または Na_2S の濃度が高くなる程この細菌の発育、硫酸塩還元作用ならびにそれらにともなう培地の酸化還元電位の降下がすみやかになることが明らかになった。しかし一般に、発育が起りさえすれば、発育の終りに達せられる増殖量、硫化物生成量ならびに酸化還元電位の最終値には、還元性物質の添加量の多少による差はみられなかった。このことは、これらの還元性物質がそれ自体この細菌の代謝に利用されるのではなく、培地の酸化還元電位降下剤として作用することを示すものであろう。つまり、これらの物質の濃度が高いほど培地の初発酸化還元電位は低くなり、それにとまって、この細菌の発育開始までの時間が短くなるものと考えられる。一方、実験(2)の結果からわかるように、極めて高濃度に硫化物が存在すると、培地の酸化還元電位はいちじるしく低くなるにもかかわらず、かえってこの細菌の発育ならびに硫化物の生成が抑制されたが、これは大量の“遊離硫化水素”による発育阻害作用にもとづくものであつて、培地に Fe^{++} が存在して不溶性の FeS として沈降するときには、全硫化物濃度が極めて高く(H_2S として 0.8 mg/cc 程度)でも阻害は起らないことが明らかになった。この点については、MILLER⁴⁾もまた、硫酸塩還元細菌 *Desulfovibrio desulfuricans* による硫化物の生成が大量の硫化水素によって阻害されるが、硫化水素を酢酸亜鉛に吸収させて除くか又は培地に Fe, Cd, Sb, Bi または Pb などの化合物を加えて不溶性硫化物として沈澱させると、硫化物の生成が盛んになることを報告している。海洋性硫酸塩還元細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用に対する金属塩類の影響については現在詳細に検討中であるが、 Fe^{++} のみならず不溶性硫化物を生成するその他の金属イオンによつても、この細菌の発育に対する硫化水素の阻害作用は除かれるもののようである。

海底泥土中には、通常、鉄その他不溶性硫化物を生成する金属が相当多量に含まれており、たとえば諸種の海域における red clay 中には塩類、有機物、 CaCO_3 および水分を除いたものについて Fe は Fe_2O_3 として 6.18~9.59 % (すなわち 387~600 m-mol/l, 1,000 g) 存在する⁶⁾から、天然においては生産された硫化物は大部分が不溶性硫化物として沈降するため、この細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用は“遊離硫化水素”による阻害作用を受けることなく継続して行なわれるものと推察される。

次に、実験(1)の結果、培地の酸化還元電位の降下は硫化物の生成に先行し、むしろ発育にとまっておくことが観察されたが、これは恐らく著者らの用いた硫化物定量法で検出され得ない微量の硫化物またはその他の還元性物質の生成によつて起つたものか、あるいは増殖した細菌細胞自体の代謝にもとづく還元作用によつて生じたものと考えられる。後者については、CLIFTON⁷⁾が *Escherichia coli* について、また STOLP⁸⁾が *Clostridium butyricum* について行つた実験において指摘しているが、この実験の場合にも酸化還元電位の降下は細菌細胞自体の還元作用と密接な関連があろうと推定される。また、この細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用にとまらな降下する培地の酸化還元電位の最低値は、以上の諸実験を通じて $\text{Eh} -0.15 \sim -0.17$ volt 程度であつた。

摘 要

1. 海洋性硫酸塩還元細菌は、還元性物質として L-ascorbic acid または Na_2S をふくむ培地では、培地の酸化還元電位が Eh 約 +0.20 volt 以下であれば発育を開始したが、その発育および硫酸塩還元速度は、一定の範囲内では培地に加えられた還元性物質の濃度が高いほど大であった。しかし一旦発育を開始したものにおいては、最後に到達する細菌数および硫化物生産量の最大値、ならびに酸化還元電位の最低値は、培地の初発 Eh の高低にかかわらずほぼ一定の値を示した。

2. 培地に高濃度に“遊離硫化水素”(約0.15 mg/cc 以上)が存在する場合、この細菌の発育ならびに硫酸塩還元作用はいちじるしく阻害されたが、硫化物が大部分 FeS として存在するときは発育ならびに硫酸塩還元作用は阻害を受けなかった。このことから、一般に、硫化物が“不溶性金属硫化物”として存在するときには、全硫化物の濃度が極めて高くても、この細菌の増殖および代謝はそれによる阻害を受けないことを推定した。

文 献

- 1) 木俣正夫・門田 元・畑 幸彦・田島卓明：1955. 日本水産学会誌, **21**, 113—118.
- 2) 木俣正夫・門田 元・畑 幸彦・田島卓明：1955. 日本水産学会誌, **21**, 102—108.
- 3) 富山哲夫・神崎嘉瑞夫：1951. 日本水産学会誌, **17**, 115—121.
- 4) MILLER, L. P. : 1950. *Contr. Boyce Thompson Inst.*, **16**, 73—83.
- 5) MILLER, L. P. : 1950. *ibid*, **16**, 85—89.
- 6) SVERDRUP, H. U. et al. : 1949, "The Ocean," 3rd ed., Prentice-Hall, New York, pp. 991,
- 7) CLIFTON, C. E. et al. : 1934. *J. Bact.*, **28**, 541—559.
- 8) STOLP, H. : 1955, *Archiv Mikrobiol.*, **21**, 293—309,

Protease 活性の迅速な新定量法

所謂“Pad-Method”に就いて*

藤 井 実 ・ 富 田 輝 雄

Studies on a New Rapid Determination of Proteolytic Activity
by Means of the So-called “Pad-Method”.

By

Minoru FUJII and Teruo TOMIDA

We have studied how to determine the proteolytic activity by using pad (Pulp-disk) .

By means of this new method can be determined the proteolytic activity of trypsin (minimum limit of 0.22 μ g as crystal) within 24 hours.

The procedure runs as follows.

The pad containing ca. 0.0274 ml of enzyme solution is put on the surface of a casein-agar-agar layer with a diameter of 87 mm which is kept in the petri-disk, and incubated at a temperature of 45°C for a certain time.

By the way this layer is composed of 2 ml of 5 % casein solution and 10 ml of 1.5 % agar-agar solution (pH 8.5).

When ca. 2—3 ml of 5 % trichloroacetic acid is added to the agar-agar layer which has been incubated for some time, transparent circle can be seen around the pad in proportion to the length of incubated time.

The diameter of the transparent circle is in proportion to the logarithm of the concentration of enzyme solution.

Thus we can draw the standard curve, which is nearly a straight line, showing the interrelation between the diameter of the transparent circle and the logarithm of the concentration of enzyme solution.

So in this way we may determine the degree of concentration of the enzyme (as crystal trypsin) concerning an unknown sample, referring it to the standard curve.

結 言

プロテアーゼ作用力の比較値を得る方法として、割合に簡単な方法は、リントナー氏法を応用する稀釈法であるが、此の方法も比較的多量の試料を必要とする。又定量的方法として、

乾燥量当りの活性度〔ACT/g〕、²⁾ 蛋白窒素量当りの活性度〔ACT/mg PN〕³⁾ 等を測定する方法があり、我々は主として ACT/mg PN に依り酵素力の比較を行っている。即ち酵素試料の蛋白態窒素 1 mg に依り基質カゼインから生成される非蛋白態可溶性窒素量 (mg 単位) で表わしている。勿論比較に便ならしめるために反応条件は特別の目的の場合以外は、反応時間 1 時間；反応温度 45°C である。此の場合窒素の分解はミクロ・キールダル法に依って硫酸分解し、生成した $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{N}$ をヨードメトリー⁴⁾ で測定する。そしてその測定限度は蛋白態窒素 0.46 μg 迄可能である。併し此の方法も試料の分解に時間を要するため試料が多くなると、試料の硫酸分解に長時間を要することになり実験は渋滞する。而して酵素の精製過程に於ける酵素力の変化を知るには、迅速に作用力の強弱を測定する必要がある、而もこの場合絶対的な数値でなくてもよい場合もある。又未知の試料のプロテアーゼ作用力の有無及びその強弱を検索する場合、而も僅少な試料に就いて試験する場合も多いのであるが、前記の諸測定方法は此等の目的に合致する方法とはいいい得ないのである。

以上の観点から又実際に実験を推進する必要上、簡単に且つ迅速にプロテアーゼ力を推定し得る方法を実施する必要を生じたので、種々考案実験の結果、Pad を使用する定量法を案出し定量の爲の基礎条件を検討した所、本法が操作簡易で上記の諸条件に合致し且つ定量的方法としても使用し得ることを認めた。

実 験 の 部

1) Pad: 直径 6.35 mm の円形濾紙で Carl Schleicher a. Schnell Co. 製で抗菌性物質の測定用に製造されているものである。

Pad の吸水量 (蒸溜水) を測定した所 0.0274 ml であった。

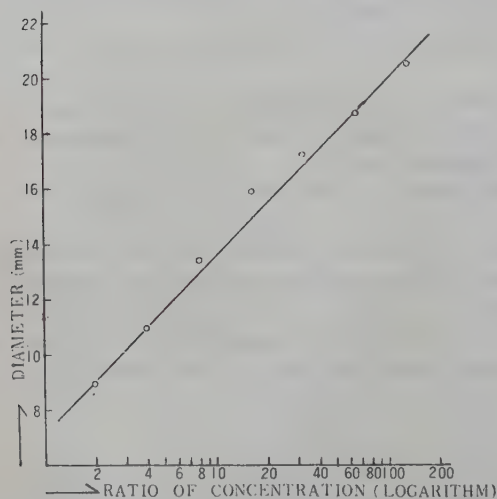


Fig. 1. The standard curve between the ratio (logarithm) of concentration of enzyme solution and the transparent circle.

2) カゼイン寒天平板

内径約 87 mm のシャーレーに 5 % カゼイン液 (pH 8.5) 2 ml と予め加温して溶解した 1.5 % 寒天液 (pH 8.5) 10 ml を入れ良く振盪混合した後平板上に置いて放冷したもの。

3) 標準検量線の求め方及び定量操作法

トリプシリン結晶 (持田製薬の製品で商品名トリプシリン… Trypsilin) 25 mg を pH 8.5 の硼酸-苛性曹達-緩衝溶液 (Clark & Lubs 緩衝液) に溶かし全容を 50 ml となし之を酵素原液として倍量希釈法に依り順次酵素濃度を $1/2, 1/4, 1/8 \dots$ の希釈液を作り各液に Pad を

垂直にその $1/8$ 程度浸漬する。然るときは直ちに Pad の全面に液が浸透するので之を液より引き上げて予め 45°C に保温したカゼイン寒天平板上に接着せしめ24時間放置反応させる。反応後直ちに 5% 三塩化酢酸液約 3 ml を寒天面に注加すると未消化の寒天面は真白くなり消化された部位は透明となり所謂透明二重円（以後透明円という）を生ずる。夫等の円の直径（外径）をノギスで正確に測定する。次に酵素液の濃度比（原酵素液の濃度を 1 とした場合の比較値）の対数値を求め之を横軸上に目盛りし透明円の直径（単位：mm）を縦軸上に記入してプロットすると第 1 図のような略直線に近いものを得る。これを標準検量線として未知酵素溶液に浸漬した Pad に依り生じた透明円の測定値を縦軸上に記入し之と標準検量線から透明円の直径に応ずる濃度比を求め次式に依り Pad 中の酵素力価（Trypsilin として）を算出する。

$$0.218 \mu\text{g} \times \frac{\text{求めた濃度比}}{2}$$

従って 1 ml の酵素液中の力価は

$$0.218 \mu\text{g} \times \frac{\text{求めた濃度比}}{2} \times 36.5$$

Table 1. The relation between the concentration of enzyme solution and the diameter of the transparent circle correspond to concentration.

Relationship of concentration	1	2	4	8	16	32	64	128
Logarithm of relative concentration $\times 10^3$	0	301.03	602.06	903.09	1204.12	1505.15	1806.18	2107.21
Diameter of circle (mm)	—	8.88	10.95	13.40	15.95	17.25	18.75	20.50
Calculated value of trypsin in pad (as trypsin: μg)	0.109	0.218	0.437	0.873	1.746	3.493	6.985	13.972

尚上記標準検量線を求めた際の酵素溶液濃度と透明円の関係は第 1 表の示す通りである。第 2 図は酵素濃度と透明円の直径の関係を示す。

4) 透明円の直径と反応時間

一定濃度の酵素液を使用した場合、Pad の接着時間の長短と透明円の大小との関係を検討した。作用時間を夫々 3, 6 及び 9 時間とした場合生じた透明円の直径は第 2 表に示す通りである。（反応温度は 45°C ）之を図示すれば第 3 図の如くである。

更に他の例を示すと第 3 表第 4 図の如くいずれにしても作用時間と透明円

の直径は略比例的関係にあることが推定される。即ち此の時間の範囲内に於いては時間と透明

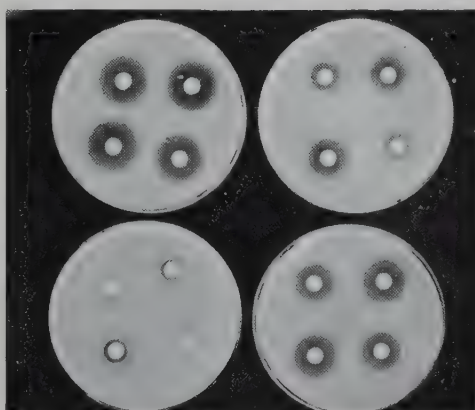


Fig. 2. Showing the transparent circle proportional to concentration of enzyme solution.

Table 2. The relation between the diameter of the transparent circle and the time of incubation.

Time of incubation (hours)	3	6	9
Diameter of transparent circle(mm)			
Sample (a)	12.47	15.33	18.32
Sample (b)	11.10	13.60	16.60

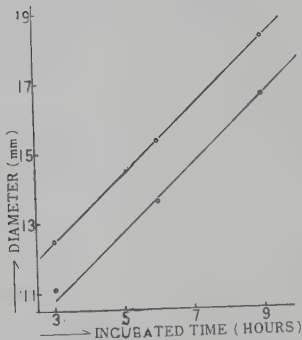


Fig. 3. The relation between diameter and incubated time.

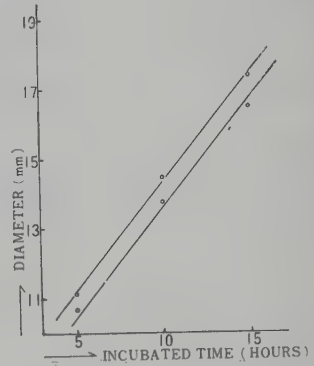


Fig. 4. The relation between diameter, concentration and incubated time.

Table 3. The relation between the diameter of the transparent circle and the time of incubation.

Time of incubation (hours)	5	10	15
Diameter of transparent circle(mm)			
Sample (a)	11.15	14.50	17.40
Sample (b) (concentration: 1/2 of sample a)	10.75	13.78	16.50

円の直径は直線的関係にあるといえる。

5) 同一シャーレーの位置の差に基づく透明円の直径の差異

同一濃度の酵素液でもシャーレーの部位に依り、即ちシャーレーの底面の僅少な凹凸が寒天の厚さに及ぼす影響により生成される透明円の直径にも差異を及ぼすか否かを検討した。勿論此の実験を行うにあたり先ず第一に問題になるのは各 Pad の酵素溶液吸水量である。之は絶対に同一量とはいえないが、略同一量吸水するものと仮定する。

同一濃度の酵素液に同一条件で漬浸した Pad をシャーレーの四カ所に貼布し生ずる夫々の透明円の直径を測定した結果は第4表に示す通りである。

之等の直径値から誤差限界は $\pm 0.05 \text{ mm}$ となるので直径値は $28.64 \pm 0.05 \text{ (mm)}$ で示される。此の結果から同一シャーレーの場合殆んど差異はないと考えられるが、出来るだけ誤差の原因を除去する為シャーレーは出来るだけ平滑なものを使用すべきである。

6) 寒天平板の厚さと透明円

Table 4. The diameter of the transparent circle caused by the four different positions in the same petri-disk.

Exp. No.	1	2	3	4
Diameter of transparent circle (mm)	28.64	28.70	28.66	28.58

平板の厚さと透明円の関係に就いても予備的検討を行った。薄層を使用すれば円直径も大となるので感度をあげることも可能である。併しシャーレーの底面は完全な平面ではなく、わずかなではあるが凹凸がありその為に寒天平板に厚薄を生じるため、プロテアーゼ活性の拡散速度に方向に依る差異を生じ従って透明円は不完全な円形となるのであろう。又寒天平板が厚さを増すにつれてその酵素活性への影響も生ずるものと思われる。之らの事柄を明らかにするため次のような実験を行った。直径を同じくする一組のシャーレーに 5% カゼイン液及び 1.5% 寒天液を加えてカゼイン-寒天平板を作る。その際カゼイン濃度はすべて同一で唯寒天平板の厚さが異なるようにする (pH は 8.5)。之等に同一濃度酵素液を浸漬した Pad を接着させて 45°C, 24 時間反応せしめて得られる夫々の透明円に就いてその円形及び直径に就いて検討をした。実験の結果は第 5 表の示す通りである。

Table 5. The relation between the thickness of casein-agar-agar plate and the transparent circle.

Exp. No.	1	2	3	4	5
5% Casein sol. (ml)	1	2	3	4	5
1.5% Agar-agar-sol. (pH 8.5 : ml)	5	10	15	20	25
Form of circle	non round	round	round	round	round
Diameter of circle (outside : mm)	29.75	29.40	28.25	28.00	26.60

第 5 表で明らかなように寒天平板の厚さが薄い程透明円の直径は大となる。(No. 1 及び No. 2) 併しあまり薄いと透明円そのものが不完全円となる (No. 1)。又寒天平板の厚みが増加してくると透明円の直径は次第に小さくなる。(No. 3, No. 4, No. 5) No. 2 は円形も完全で且つ円の外側輪 (透明) も明瞭でその直径も最大である。即ち No. 2 の条件が目的に叶うものである。

7) カゼイン濃度と透明円

寒天平板中のカゼイン濃度と透明円の関係に就いて検討した。カゼイン濃度を変える方法として 1.5% 寒天液 10 cc に 5% カゼイン液を種々異にして添加した。併し此の場合カゼイン濃度が異なると同時に寒天平板の厚みをも変化せしめたことになり、従って濃度の影響に更に平板の厚みの影響が加算されることになると考えられるが一応実験結果を検討する。

第 6 表に示すような条件に依り実験を行ったのであるが、No. 1 及び No. 2 に於いてはカゼイン濃度不足のため透明円の出現が不明で従って円の直径の測定は不能であった。No. 3 では明瞭な外輪が現われ所謂透明二重円を生じた。

No. 4 も No. 3 と同じく明瞭な透明二重円を生じたが、円の外径及び内径共に No. 3 の夫より小であった。No. 5 になると円の外側透明円がやや不明瞭となり未反応白濁部との区別が出来にくくなる。更に No. 6 及び No. 7 に於いては外側透明円は白濁して周囲との区別は出来

Table 6. The relation between the concentration of casein and the diameter of the transparent circle.

Exp. No.	1	2	3	4	5	6	7
Added casein sol. (5%) (ml)	0.5	1	2	3	4	5	6
Added agar-agar sol. (1.5%) (ml)	10	10	10	10	10	10	10
Transparent circle (outside)	indistinct	indistinct	distinct	distinct	partially indistinct	indistinct	indistinct
Diameter of transparent circle a : outside b : inside	—	—	a. 28.00 b. 23.94	a. 25.10 b. 22.35	a. 24.75 b. 21.85	a. — b. 20.73	a. — b. 19.80

ず内径部のみが透明となる。以上の事実から No. 3 及び No. 4 のカゼイン濃度は透明二重円の出現には適当である。但し第 5 表の結果からも明らかなように平板の厚さの影響により No. 4 は No. 3 よりその感度が劣ったものと考えられるので寒天平板の条件は No. 3 の方がより合目的であるといえるのである。又 No. 5 以上のカゼイン濃度では透明二重円は得られない。而して No. 3 より No. 7 に至る透明円の内側直径が之れ又順次小さくなって行くのは第 5 表の結果と併せ考えると平板の厚薄の影響よりもカゼイン濃度の影響が強く現れているものと解釈される。又この実験において各寒天平板中の寒天濃度は同一でなく No. 1 が最も高く、それ以下順次減少して No. 7 が最も低い。従って寒天濃度の差異に伴う影響も考えられるのである。この点について 1% 及び 1.5% の寒天液 10ml を使用した場合得られる透明円を比較して何ら差異がないという結果を得ている。而して No. 7 の寒天濃度は 1% 寒天液使用の寒天濃度よりも高いので、その影響は無いものと考えてよい。

総 括

著者等はペニシリン等抗生物質の抗菌力測定に使用されている Pad をプロテアーゼ活性測定に応用する為の実施条件に就き種々検討し所謂 Pad 法を制定した。此の方法は著者等が現在行っている可溶性絮素測定に依る作用力の比較法に比べて操作が実に簡単で然も特異な利点を有する。即ち

1) 一時に多数の試料の測定を容易に行い得る。

2) 試料が僅少の場合、従来の方法では処理不可能であつたが、此の方法に依ると酵素活性の有無を明らかに成し得ると同時に酵素含量を定量的に測定出来る。而して此の方法に依る測定の限界は $0.22 \mu\text{g}$ (結晶トリプシン…商品名 Trypsilin を使用…として) である。

3) 測定に要する時間は 24 時間以内である。然し予めあらゆる時間 (1 時間より 24 時間迄) に応ずる標準検量線を求めておくならば未知試料の酵素濃度に応じて出現する透明円とその任意の反応時間に応ずる標準検量線から任意の短時間に定量的測定が可能である。此の実験を遂行するに当り Pad の寄贈を受けた大洋漁業株式会社下関研究所に厚く御礼を申上げる。尙写真の撮影は小林博助教授にお願いした。記して謝意を表する。

(此の報告の大意は昭和 33 年 10 月の日本水産秋季大会 (於新潟市) で発表した。)

文 献

- 1) 大島 幸吉: 1950. 水産化学実験法。
- 2) 赤堀 四郎: 1950. 酵素研究法 1.
- 3) 藤井 実・立川成章・西野イチ: 1957. 本報告 6.

工場廃水に関する研究

第10報 酸性廃水の石灰石処理に就いて*

赤 築 敬 一 郎 ・ 鬼 塚 正 光

Studies on the Foul-Water Drained from Factories.

10. Treatment of Acidic Waste Liquor with Limestone.

By

Keiichiro SYAZUKI and Masamitsu ONIZUKA

In order to determine the optimum velocity of filtration of waste liquor and the minimum quantity of limestone necessary for the treatment of the waste liquor, we have made basic experiments on the treatment of acidic waste containing sulfuric acid with limestone. The waste liquor used in our experiments is shown in Fig. 1. The results obtained are as follows:

- 1) The optimum velocity of filtration, in other words, the maximum volume of waste per hour that can be treated with 1 kg of limestone depends on the size of limestone, the concentration of sulfuric acid in the waste and the temperature of the waste liquor (Fig. 2, Fig. 3 and Fig. 4).
- 2) The proper size of limestone to be used is about 1 g in weight.
- 3) The proper concentration of sulfuric acid in the waste is below about $1 \times 10^{-2} \text{N}$.
- 4) The quantity of sulfuric acid to be neutralized with 1 kg of limestone is about 0.6 kg.
- 5) When 1 g of limestone and $8 \times 10^{-3} \text{N}$ sulfuric acid in the treatment, the optimum velocity of filtration per 1 kg of limestone (V l/hour) can be calculated by the following formula. $V = 1.3 + 0.07 T$

Note: T is the temperature of waste liquor ($^{\circ}\text{C}$).

- 6) The minimum quantity of limestone to be used at the beginning of the treatment (W kg) and the decreased quantity of limestone per day in it (w kg/day) can be calculated by the following formulae.

$$W = \frac{V}{v} \quad \dots \quad w = 0.04 MV$$

Note: M is the concentration of sulfuric acid in the waste (g/l).

V is the volume of the waste (l/hour).

* 水産講習所研究業績 第273号, 1959年7月21日受理

緒 言

金属鉱山，化学工場，金属加工場等から発生する酸性廃水の処理には苛性ソーダ，生石灰，ソーダ灰，石灰石等の化学薬剤による中和法が施されているが，これらの薬剤は価格，反応力，取扱法等に夫々一長一短があり処理を施す廃水の種類及び量に応じて適当なものを選択する必要がある。^{1)~5)} 石灰石は安価で取扱が比較的簡単な点では有利な中和剤であるが，反応速度が遅く，又廃水中の夾雑物や処理中に生成する CaSO_4 ， $\text{Fe}(\text{OH})_3$ の如き難溶性物質により石灰石面が覆われて酸中和能力が減退するため廃水の種類によっては余り良好な処理効果が得られず失敗する場合もある。本法が不成功に終るのは石灰石の反応力，廃水中の障害物質等に関する吟味が不十分な結果と考えられるので，著者等はこれらに関する基礎実験を行い，単位石灰石量に対する廃水処理適量及びそれに及ぼす廃水の酸濃度，温度，石灰石の大きさ等の影響を明らかにし，更に処理中の生成物質による障害，石灰石の最小必要量及び消耗量等について検討を加えた。

材料及び方法

実験に使用した石灰石の組成は Ca 36.2%， Mg 0.65% (CaCO_3 に換算すると 92.5%) のもので，これを適当な大きさに砕き，ほぼ同じ大きさの石を撰別して1個当りの平均瓦数を求めて石灰石の大きさとした。試液は硫酸溶液，試液中の夾雑物質には硫酸第一鉄を用いた。

実験装置は第1図に示す通りで，A及びBは高安の考案した一定量の試液を流下させる装置⁶⁾，Cは石灰石1kgを充填した中和槽，Dは先細の硝子管，Eは恒温槽，aは活栓，bは目盛線である。実験操作は先づaを開きBよりCの目盛線まで試液を流下させた後，aを適当に調節してC内の液面が常にb線を保つようにした。試液の温度はEにより，又試液の石灰石層濾過速度はDによって調節した。Dかからの流出液は1分間ずつ数回採取して，その容量及び酸濃度を測定した。試液濾過速度は石灰石1kg当りのL/時，又酸濃度はキンヒドロ電極法で求めたpHより換算した水素イオン濃度（以下 $[\text{H}^+]$ で表わす）で示した。

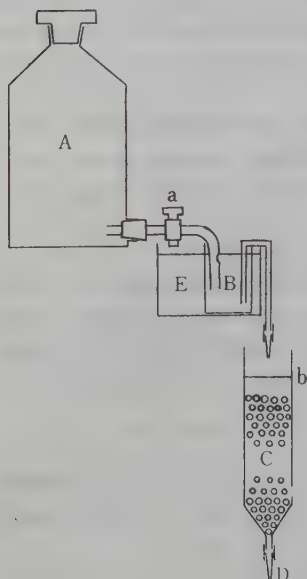


Fig. 1. Apparatus used in the experiment.

- A: Sample-reservoir
- B: Glass-tube
- C: Neutralization-tank
- D: Graduation
- E: Water-tank of constant temperature
- a: Stop-cock
- b: Graduation

結果及び考察

1. 試液の濾過速度と処理液の $[\text{H}^+]$ との関係

15°C に於いて，大きさ2.5g 及び 0.75gの石灰石

の入った中和槽に $1.91 \times 10^{-2} \text{ N}$ の硫酸溶液を種々な速度で濾過させた場合の濾過速度と濾過液即ち処理液の $[\text{H}^+]$ との関係は第2図に示す通りである。濾過速度が遅くなるに従い処理液

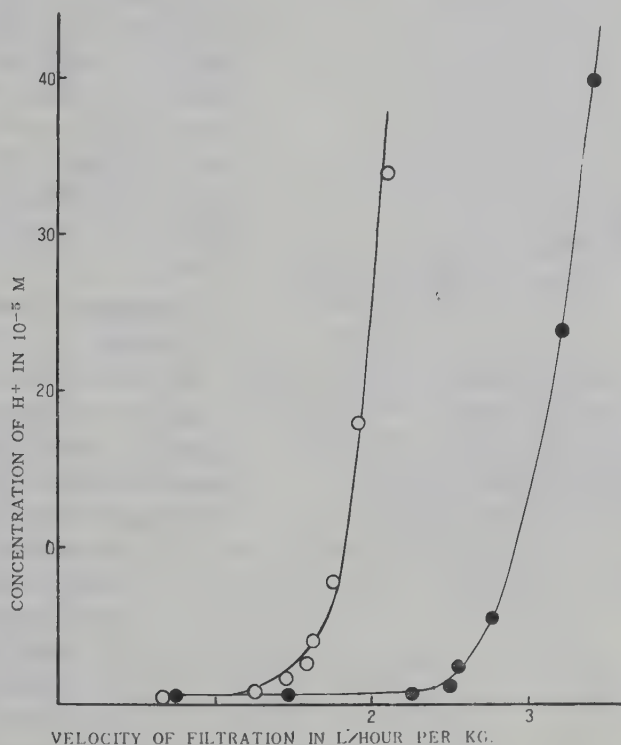


Fig. 2. Relation between the concentration of H^+ in filtrate and the velocity of filtration per 1kg of limestone at 15°C and $1.91 \times 10^{-2} \text{ N}$ sulfuric acid.

size of limestone used(g)
 ○—○ 2.5 ●—● 0.75

の $[\text{H}^+]$ は急激に低下するが、約 $5 \times 10^{-6} \text{ M}$ になるとそれ以後の変化は僅少で、濾過速度が過少になっても微酸性を維持する。従って処理液の $[\text{H}^+]$ が $5 \times 10^{-6} \text{ M}$ を示すようになると試液中の遊離硫酸は完全に中和されたと見てよい。それ故この時の濾過速度は処理可能な最大濾過速度即ち濾過適量と考えることが出来る。本実験条件下に於ける試液濾過適量は石灰石の大きさ 2.5 g 及び 0.75 g で夫々 1.3 L/時及び 2.4 L/時を示し、石の大きさによりかなり変化する。濾過適量は石灰石の大きさの外に、試液の酸濃度、温度等の影響を受けるものと考えられるので以下これらについて検討を行った。

2. 濾過適量に及ぼす石灰石の大きさの影響

25°C に於いて、種々な大きさの石灰石を入れた中和槽に $[\text{H}^+]$ が $1.81 \times 10^{-2} \text{ M}$ 及び $8.07 \times 10^{-3} \text{ M}$ の試液を濾過させた場合の濾過適量と石灰石の大きさとの関係は第3図に示す通り

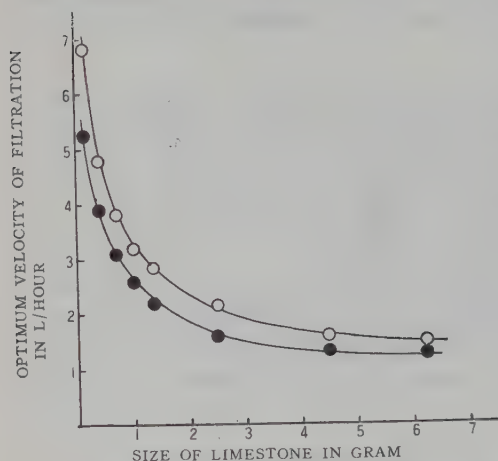


Fig. 3. Effect of size of limestone on the optimum velocity of filtration at 25°C.

Concentrations of sulfuric acid used

○—○ $8.07 \times 10^{-3} N$ ●—● $1.81 \times 10^{-2} N$

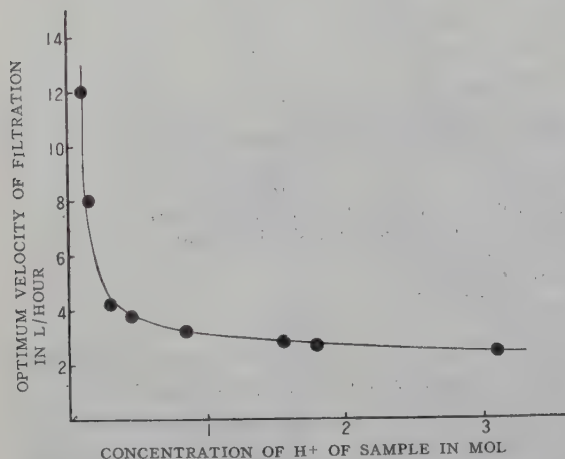


Fig. 4. Effect of the concentration of H^+ in sample on the optimum velocity of filtration at 25°C.

The filtration was carried with 1kg of 1g limestone.

である。濾過適量は石灰石の小さくなるに従い多くなるが、この変化は石灰石の大きさ0.5g以下で特に急激となる。従って石灰石が小さいほど多量の廃水処理が出来るので中和槽は小規模で済み経済上有利であるが、連続的に廃水処理を行う場合に余り石灰石が小さいと石灰石の消耗が大きく処理液の $[H^+]$ を一定に保つための操作が困難となる。経済及び操作上からみると石灰石の大きさは1g内外が適当だと考えられる。

3. 濾過適量に及ぼす試液の $[H^+]$ の影響

25°C に於いて、大きさ1gの石灰石を入れた中和槽に種々な濃度の濾酸溶液を濾過して、試液の酸濃度と濾過適量との関係を調べた結果は第4図に示す通りで、濾過適量は試液の $[H^+]$ の低くなるにつれ増加する。その変化は試液の $[H^+]$ が $3 \times 10^{-3} M$ 以下では急激であるが、それ以上の濃度では僅少である。従って廃水を一定濾過速度で連続的に処理する場合、廃水の $[H^+]$ が $3 \times 10^{-3} M$ 以上であれば或る程度の時間的変化をしても処理液の $[H^+]$ には余り影響を及ぼさないと思われる。

4. 濾過適量に及ぼす温度の影響

種々な温度に於いて、大きさ1gの石灰石を入れた中和槽で $8.27 \times 10^{-3} N$ の硫酸溶液を濾過した場合の温度と濾

過適量との関係は第5図に示す通りである。濾過適量は温度の高いほど多くなり、両者の関係は直線で表わされ、温度を $T^{\circ}C$ 、濾過適量を v L/時とすれば本実験条件下では(1)式が成立す。

$$v = 1.3 + 0.07 T \dots \dots (1)$$

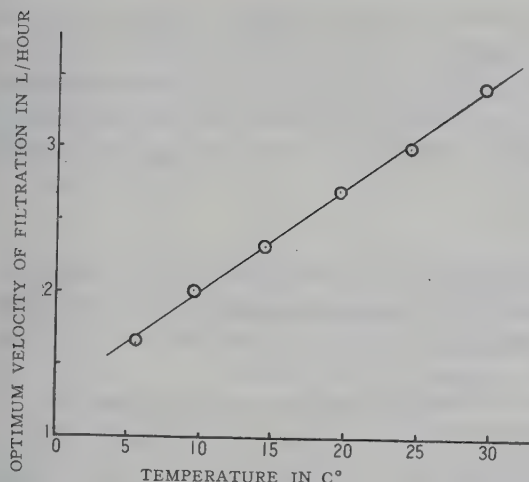


Fig. 5. Effect of temperature of sample on the optimum velocity of filtration.

The filtration of $8.27 \times 10^{-3}N$ sulfuric acid was carried with 1 kg of 1 g limestone.

5. 処理液の $[H^+]$ の時間的変化

$25^\circ C \pm 1^\circ C$ に於いて、 $4.37 \times 10^{-3}N$ 、 $8.50 \times 10^{-3}N$ 及び $1.55 \times 10^{-2}N$ の硫酸溶液を大きさ 1 g の石灰石を入れた中和槽に第4図に示した濾過適量即ち夫々 3.7 ± 0.1 L/時、 3.1 ± 0.1 L/時及び 2.8 ± 0.1 L/時で長時間濾過させた場合の処理液の $[H^+]$ の時間的変化は第6図に示す通りである。処理液の $[H^+]$ は何れも時間の経過するにつれて高くなり、特に試液の $[H^+]$ が $1.55 \times 10^{-2}M$ のときは変化が急激で廃水を連続的に処理することが困難である。試液の $[H^+]$ が $4.37 \times 10^{-3}M$ 及び $8.50 \times 10^{-3}M$ の場合は24時間以内の処理液の $[H^+]$ の変化は殆

んど差がなく $5 \times 10^{-6}M$ より $2 \times 10^{-5}M$ まではほぼ直線的に徐々に高くなるから24時間の連続処理は可能である。処理液の $[H^+]$ が次第に高くなるのは全石灰石量が中和反応で消費減少

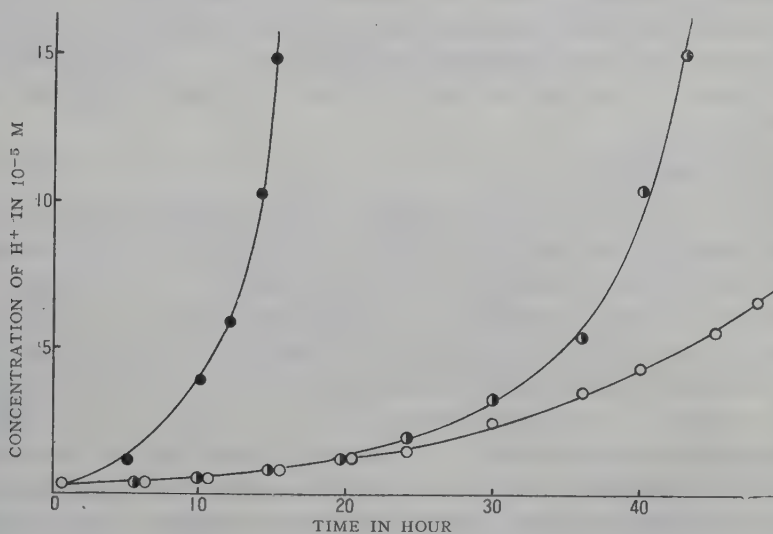


Fig. 6. Changes in concentration of H^+ in filtrate filtered through 1 kg of 1g limestone at $25^\circ C \pm 1^\circ C$

Concentrations of sulfuric acid used

○—○ $4.37 \times 10^{-3}N$

●—● $8.50 \times 10^{-3}N$

●—● $1.55 \times 10^{-2}N$

するからであるが、24時間以内の変化が僅少なのは全石灰石量の減少による処理能力の低下と石灰石の大きさが小さくなることによる処理能力の向上とが、或る程度の平衡を保つ結果と考えられる。24時間以後に処理液の $[H^+]$ の変化が大きくなるのは、上記平衡が破れ濾過速度が濾過適量に比べて過大となる結果であり、又試液の $[H^+]$ が $1.55 \times 10^{-2} M$ の場合に於ける処理液の $[H^+]$ の激変は上記の平衡破壊のみが原因とは考えられず、中和反応によって生成して硫酸カルシウムの影響と推察される。

6. 石灰石の硫酸中和量

$25^\circ C \pm 1^\circ C$ に於いて $8.5 \times 10^{-3} N$ の硫酸溶液を大きさ1 gの石灰石を入れた中和槽に 3.1 ± 0.1 L/時の速度で連続濾過させ24時間毎に石灰石の減量、全処理液量及び処理液の $[H^+]$ を測定し、これらの実測値より中和した硫酸量を算出した結果は第1表に示す通りである。石灰

Table 1. Quantities of decreased limestone and neutralized sulfuric acid per day of the treatment.

Date	1	2
Concentration of sulfuric acid in the waste (N)	8.5×10^{-3}	8.5×10^{-3}
Concentration of H^+ in filtrate (M)	9.0×10^{-6}	9.2×10^{-5}
Decreased limestone (g)	52.8	40.0
Volume of filtrate (l)	74.5	74.5
Neutralized sulfuric acid (g)	31.0	30.7

石1 kgの中和する硫酸量、即ち第一表の中和硫酸量を石灰石減少量で除した商は、第1日は0.588 kg第2日は0.768 kgである。本実験に使用した石灰石の有効成分、即ち $CaCO_3$ は約92.5%であるから石灰石1 kgの理論的硫酸中和量は約0.90 kgである。実測値は理論値に比べて第1日は65.4%、第2日は85.3%と何れも小さいが、これは処理液中に過剰の石灰石が溶解した結果と思われる。

7. 反応生成物の影響

$25^\circ C \pm 1^\circ C$ に於いて、 $1.55 \times 10^{-2} N$ 及び $9.05 \times 10^{-3} N$ の硫酸溶液並びに $9.05 \times 10^{-3} N$ の硫酸溶液に硫酸第一鉄を500 mg/L溶解した溶液を1 gの大きさの石灰石を入れた中和槽に濾過適量即ち夫々2.8 L/時、3.0 L/時及び3.0 L/時の速度で濾過させ、一定時間後に減少しただけの石灰石を新しく添加して濾過を再開し、石灰石添加前後の処理液の $[H^+]$ の変化を調べた。その結果は第2表に示す通りである。 $9.05 \times 10^{-3} N$ 硫酸溶液では24時間後に50 gの石灰石を添加し30分後に測った処理液の $[H^+]$ は最初の処理液の $[H^+]$ にほぼ復するから石灰石の中和能力に何の変化もなく反応生成物の影響は認められない。しかし $1.55 \times 10^{-2} N$ 硫酸溶液を12時間濾過後に40 gの石灰石を添加し、30分後に測った処理液の $[H^+]$ は、最初の処理液の $[H^+]$ に復さず添加直前の $[H^+]$ に比べて僅か低くなるに過ぎない。この結果よりみて古い石灰石は殆んど酸中和能力を失っていることが明らかである。実際に古い石灰石面は厚い被膜で覆われており、この被膜により石灰石と硫酸の反応が障害を受けるもので、又この被膜は反応によって生成した難溶性の $CaSO_4$ が析出附着したものと考えられる。 $9.09 \times 10^{-2} N$ の硫酸溶液を長時間濾過した石灰石では酸中和能力が低下せず、又かかる被膜も石面に認められない

Table 2. Effects of products and impurities.

Concentration of sulfuric acid in the waste (N)		9.05×10^{-3}	9.05×10^{-3}	1.55×10^{-2}
Concentration of ferrous sulphate in the waste (mg/l)		0	500	0
Time of experiment(hour)		24	24	12
Quantity of limestone added(g)		50	50	40
Concentration of H^+ in filtrate (M)	Initial	5.39×10^{-6}	5.44×10^{-6}	5.22×10^{-6}
	Before addition of limestone	3.80×10^{-5}	3.87×10^{-5}	1.05×10^{-4}
	After addition of limestone	5.57×10^{-6}	5.60×10^{-6}	9.20×10^{-5}

から、硫酸カルシウムの障害を受けずに廃水を連続して処理するためには、廃水の硫酸濃度を $1 \times 10^{-2} N$ 以下に調節することが必要である。

次に試液が夾雑物として硫酸第一鉄を含む場合は石灰石面は次第に赤褐色に変化するが、処理液の $[H^+]$ の時間的变化は同濃度の硫酸溶液の場合と大差がなく、又24時間後に新しい石灰石を添加し30分後に測った処理液の $[H^+]$ も最初の $[H^+]$ に復する。従ってこの場合に生成する赤褐色の析出物即ち水酸化第二鉄は石灰石面に附着しても、その被膜層の厚さが硫酸カルシウム層に比べて薄く、又不完全なため石灰石の酸中和能力には殆んど影響を及ぼさない。尚中和槽より流出直後の処理液の硫酸第一鉄濃度は 450 mg/L で試液に比べて 50 mg/L だけ減少していた。

8. 石灰石の最小必要量及び添加量の検討

廃水を連続処理する場合に、中和槽の大きさを支配するところの最小石灰石必要量及び毎日新しく添加する石灰石量を決定することが重要である。先ず最小石灰石必要量 $W \text{ kg}$ は廃水量を $V \text{ L/時}$ 、濾過適量を $v \text{ L/時}$ とすれば次式(2)で算出される。

$$W = \frac{V}{v} \dots \dots \dots (2)$$

v は上記実験結果より明らかな如く石灰石の組成及び大きさ、廃水中の硫酸濃度、液温等の影響を受けて変化する故、これらの要因は出来る限り一定に保つ必要がある。石灰石は前記したように 1 g 内外のものを使用し、又廃水中の酸濃度が随時間的に多少変動するときは平均濃度を求め、 $1 \times 10^{-2} N$ 以上の場合は稀釈すればよい。廃水温はかなりの年変化を示し一定に保つことが困難であるが、温度 T と v との間には $v = b + 0.07 T$ なる関係があるから、一定温度で v を実測し b を求めておくのと任意の温度に於ける v は容易に決定出来る。

次に毎日新しく添加する石灰石量 $w \text{ kg}$ は廃水の硫酸濃度を Mg/L 、石灰石 1 kg 当りの硫酸中和量を mkg とすれば次式(3)で計算出来る。

$$W = \frac{24 \cdot M \cdot V}{1,000m} \dots \dots \dots (3)$$

m は石灰石の組成によって異なるが炭酸カルシウムとして90%以上の有効成分を含む石灰石では約 $0.6kg$ であるから、この値を(3)式に代入すると $W = 0.04 M \cdot V$ となる。今、 $V = 2,000 \text{ L/時}$ 、 $M = 4.2 g/L$ ($8.5 \times 10^{-3} N$) の廃水を $25^\circ C$ 及び $5^\circ C$ で $1 g$ の大きさの石灰石を用いて処理する場合の W は夫々 $7,150 \text{ kg}$ 及び $12,000 \text{ kg}$ となり、又は w は 32 kg である。

摘 要

- 1) 硫酸溶液を用いて酸性廃水の石灰石処理に関する基礎実験を行った。
- 2) 処理液の $[H^+]$ は試液の濾過速度 (石灰石 1 kg 当りの L/時) が或る値より遅くなると $5 \times 10^{-6} M$ 以下の微酸性を維持するから、一定条件下では処理可能な最大濾過速度即ち濾過適量が存在する。
- 3) 濾過適量は石灰石の大きさ、試液の $[H^+]$ 、温度等の影響を受けて変化する。
- 4) 石灰石の大きさは 1 g 内外が適当である。
- 5) 試液の $[H^+]$ が $1 \times 10^{-2} M$ 以上になると石灰石面に $CaSO_4$ が沈着し石灰石の酸中和力が阻害される。
- 6) 石灰石の大きさ 1 g、試液の $[H^+]$ $8 \times 10^{-3} M$ ならば濾過適量 (v L/時) と温度 ($T^\circ C$) との間には $v = 1.3 + 0.07 T$ なる関係が成立する。
- 7) 石灰石 1 kg 当りの硫酸中和量は約 0.6 kg である。
- 8) 廃水を連続的に処理する場合に最初に必要な最小石灰石量 W kg 及び毎日新しく添加する石灰石量 w kg は次式によって算定出来る。

$$W = \frac{V}{v}, \quad w = 0.04 M \cdot V$$

但し、 V は廃水量 (L/時)、 M は廃水中の硫酸濃度 (g/L)、 v は石灰石 1 kg 当りの濾過適量 (L/時) である。

文 献

- 1) ELDRIDGE, E. F. : 1942. Industrial Waste Treatment Practice. New York.
- 2) GURNHAM, C. F. : 1955. Principles of Industrial Waste Treatment. New York.
- 3) GEHM, H. W. : 1944. Neutralization of Acid Waste Water with an Up-Flow Expanded Limestone Bed. *Sewage Works Jour.*, **16**, 104—120.
- 4) HOAK, R. D. : 1950. Acid Iron Wastes Neutralization. *Sewage and Ind. Wastes*, **22**, 212—221.
- 5) TULLY, T. J. : 1958. Operating Problems of Industrial Wastes Treatment Plants. III. Waste Acid Neutralization. *Sewage and Ind. Wastes*, **30**, 1385—1390.
- 6) 高安 三次 : 1955. 工業薬品の魚族に及ぼす影響に関する試験 (第 2 報). 孵化場試験報告, **10**, 259—281.

蜜豆罐詰内の寒天ゲルに関する研究—I.

ゲル補強剤について*

小島良夫・稲益猷二・白石友義

Studies on the Agar Gel in Canned "Mitsumame" — 1.
On the Gel Reinforcing Agents.

By

Yoshio KOJIMA, Yūji INAMASU and Tomoyoshi SHIRAISHI

The agar gel in canned "Mitsumame" has often been found to have been hydrolysed during its storage by heat-sterilization and the organic acid produced from the fruits in the can. The authors have contrived a plan to protect the agar gel from being hydrolysed by adding to it sodium alginate or sodium salt of carboxyl methyl cellulose as gel reinforcing agents. When the agar gel containing sodium alginate is soaked in CaCl_2 solution, it can be assumed that calcium alginate is formed in the gel. In the course of the agar gel being thus soaked, insoluble calcium alginate is produced in it, which tends to strengthen the gel, as shown in Fig. 3 and Fig. 4.

The reaction velocity constants, which have been obtained from the relation between the increasing rate of jelly strength and the length of time when the agar gel is being soaked in CaCl_2 solution at a temperature of 20°C , have enabled us to determine the amount of sodium alginate and the concentration of CaCl_2 solution, necessary for our purpose (Table 1).

蜜豆罐詰内の寒天ゲルが製造工程の加熱殺菌により、又貯蔵中果実から溶出する有機酸類により加水分解されてゼリーの特性を失っているのを屢々見受ける。

著者等はこれ等の影響に対して加水分解され難い寒天ゲルを作ることにより蜜豆罐詰の品質向上を計ることを目的としたのである。

寒天ゲルは網目状に連鎖した分子とその間に保持された水との親和力によって構成されているが、蜜豆罐詰内では果実より溶出した有機酸類及び糖液を含む pH 約4.0の液汁がゲル内に次第に拡散して寒天の加水分解を起さしめゲルを脆くさせるものと考ええる。そこで寒天分子間に不溶性で且つ弱有機酸に侵され難い物質を形成して液汁の拡散を防止すれば所期の目的が達せられると考えた。

ゲル補強剤としてアルギン酸ソーダ及び C. M. C ソーダを選択したのである。第一報では寒天ゲル内にアルギン酸石灰或は C. M. C の金属塩の形成に関する諸条件を検討した。

寒天ゲル内のアルギン酸石灰形成について

I 実験の部

〔試 料〕

寒天：おごのり粉末寒天（ゼリー強度 700 g/cm^2 ）を用いた。

アルギン酸ソーダ：市販品，0.25 % 水溶液の比粘度は 25°C で 12.0 であった。

〔方 法〕

粉末寒天 9.6 g を水 630 ml に加えて，加熱溶解した溶液に種々濃度のアルギン酸ソーダ水溶液 10 ml を加えて 5 分間加熱混和した後ブロームクレゾールパープル数滴加，え平底硝子容器に注入し一夜放冷してゲル化させ，その高さが 15 mm になるようにした。薄紫色のゲルを $15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ の目盛板上で切断して 15 mm^3 の立方体ゲルとした。この立方体ゲル 7～8 個についてゼリー強度を測定し，又同時に調整したものについても常法によりゼリー強度を測定した。

アルギン酸ソーダ含有の立方体寒天ゲル 16 個宛 200 ml ビーカーに入れ，0.1 M CaCl_2 溶液 100 ml を加え 20°C で 10 分毎に軽く攪拌して放置した。浸漬時間に従って紫色ゲルの外周から次第に黄色に変じ， CaCl_2 溶液のゲル内への拡散状態が明かに示された。浸漬時間によるゲルのゼリー強度を測定した。

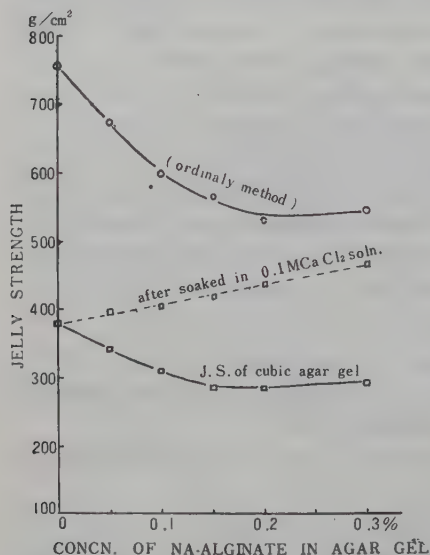


Fig. 1. Change in jelly strength of gel contg. 1.5% agar-agar and various concns. of Na-alginate measured by ordinal and cubic methods, and that in jelly strength (broken line) of cubic agar gel after soaked in 0.1M CaCl_2 soln. at 20°C .

II 実験結果及び考察

i) 寒天ゲルにアルギン酸ソーダを含有させた場合

1.5 % 寒天溶液に 0.05～0.3 % 濃度のアルギン酸ソーダを含有させてゲルとした場合の常法によるゼリー強度と 15 mm^3 立方体のゼリー強度等の変化は第 1 図に示した。アルギン酸ソーダの含有量の増加に従ってゼリー強度は低下の傾向を示し，0.2 % 濃度に到ってほぼ平衡に達した。これは水との親和力がアルギン酸ソーダ粒子の方が寒天粒子より優っている為と考えられる。又種々濃度のアルギン酸ソーダを含有した立方体寒天ゲルを 0.1M の CaCl_2 溶液に浸漬するとゲル内に CaCl_2 溶液が拡散するに従ってアルギン酸石灰が形成されゲルが B. C. P によって黄色に変じて来る。これ等の拡散平衡に達した時のゼリー強度は含有アルギン酸ソーダの濃度によって増加した。

次に常法で得たゼリー強度と立方体寒天ゲルのゼリー強度との関係は第2図に示すように直線的関係が成り立つ故、以後立方体ゲルのゼリー強度測定法を実験に用いた。

ii) アルギンソーダ含有寒天ゲルを CaCl_2 溶液に浸漬した場合

アルギン酸ソーダ含有の寒天ゲルを 20°C の CaCl_2 溶液に浸漬すると寒天ゲル内に CaCl_2 溶液が時間と共に拡散してアルギン酸石灰が形成され、それによって第3、4、5図に示すように寒天ゲルのゼリー強度が増加する。ある時間に達するとゲルが完全に黄色となりゼリー強度も平衡になる。即ちゲル内のアルギン酸ソーダが全く石灰塩となったものと考えられる。

今平衡に達したときのゼリー強度を S_∞ で表わし、 t 時間におけるゼリー強度を S とすればゲル内に残存するアルギン酸ソーダの濃度は $S_\infty - S$ で表わされる。又 $t = 0$ のときのゼリー強度を S_0 とすれば $S_\infty - S_0$ が最初

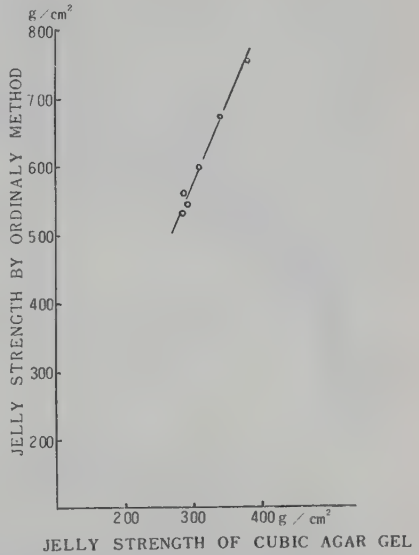


Fig. 2. Relation between jelly strength measured by ordinary and cubic methods.

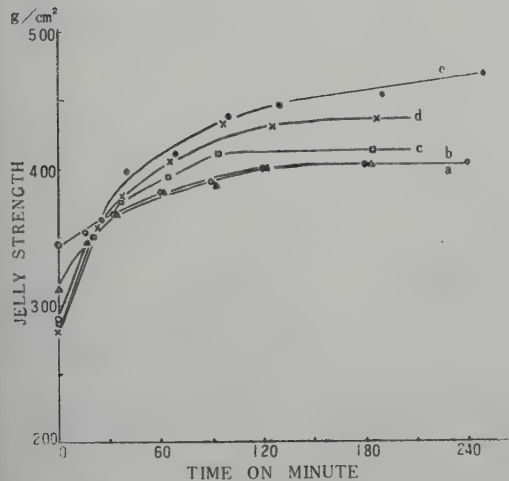


Fig. 3. Change in jelly strength of cubic agar gel contg. various concns. of Na-alginate soaked in 0.1M CaCl_2 soln. at 20°C .
a, cubic agar gel contg. 0.05% of Na-alginate; b, do. 0.1%; c, do. 0.15%; d, 0.2%; e, 0.3%.

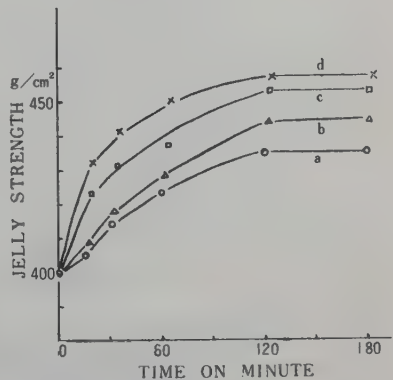


Fig. 4. Change in jelly strength of cubic agar gel contg. 0.1% of Na-alginate soaked in various concns. of CaCl_2 soln. at 20°C .
a, 0.01M CaCl_2 soln.; b, 0.02M; c, 0.04M; d, 0.08M.

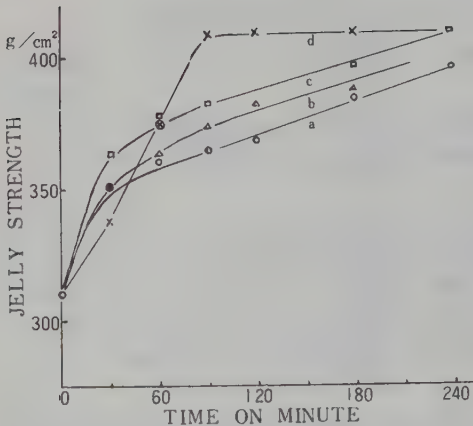


Fig. 5. Change in jelly strength of cubic agar gel containing 0.2% of Na-alginate soaked in various concns. of CaCl_2 soln. at 20°C . a, 0.01M CaCl_2 soln.; b, 0.02M; c, 0.04M; d, 0.08M.

のアルギン酸ソーダの濃度を表わす。この反応を一次反応と考えれば速度定数 K は $\frac{2.303}{t} \log$

$$\frac{S_\infty - S_0}{S_\infty - S}$$

で表わすことが出来る。 K , S_∞ , S_0 は常数である。従って t と $\log(S_\infty - S)$ の関係を第6及び7図で示すと直線になる故、この反応は一次反応とみなすことが出来る。これから速度常数 K を求めると第1表の値が得られた。

この値から0.1~0.2%のアルギン酸ソーダを含有させた立方体寒天ゲルを 20°C の 0.1M CaCl_2 溶液で90~120分浸漬すれば、ゼリー強度も増加し、アルギン酸石灰の生成も充分である。

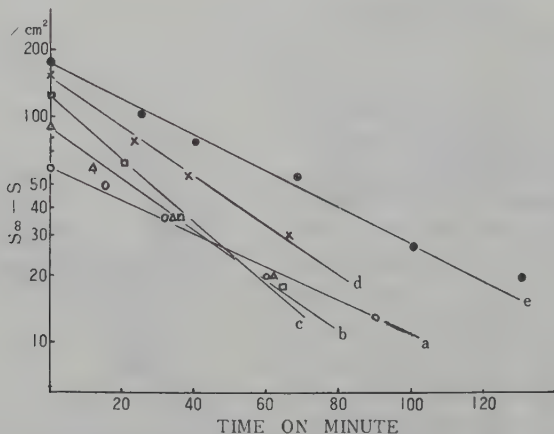


Fig. 6. Relation between $\log(S_\infty - S)$ and soaking time. S_∞ , jelly strength of agar gel in equilibrium of reaction between Na-alginate and Ca^{++} in gel; S_t , jelly strength of agar gel at the time of reaction between Na-alginate and Ca^{++} in gel; $S_\infty - S_t$, contents of remained Na-alginate in agar gel.

a, 0.05% of Na-alginate; b, 0.1%; c, 0.15%; d, 0.2%; e, 0.3%.

Table 1. Velocity constants of reaction between Na-alginate and Ca^{++} in agar gel.

Concn. of Na-alginate in agar gel %	Concn. of Ca Cl_2 soln. used for soaking mol/L	Velocity constant K
0.05	0.1	0.015
0.10	0.1	0.029
0.15	0.1	0.036
0.2	0.1	0.027
0.3	0.1	0.019
0.1	0.08	0.033
0.1	0.04	0.024
0.1	0.02	0.017
0.1	0.01	0.017

寒天ゲル内のC.M.C 金属塩の形成について

I 実験の部

〔試料〕

寒天：ゼリー強度

700 g/cm² のお
ごのり粉末寒天
を用いた。

C.M.C：安達糊料 K. K
製ソーダ塩，
0.5% 水溶液の
比粘度は 25°C
で 7.4 であった。

〔方法〕

各濃度の C.M.C を 1.5% 寒
天ゲル内に含有させて，立方
体ゲルとし， AlCl_3 溶液に浸
漬した。C.M.C. の石灰塩は
水に可溶性なので特に不溶性の Al 塩をゲル内に形成させた。

II 実験結果及び考察

浸漬時間に従って C.M.C-Al 塩がゲル内に形成されてゼリー強度の増加を示したことはアルギン酸ソーダの場合と同様であった。その結果は第 8 図に示すようである。

この場合も C.M.C と Al^{+++} との反応次数を求めたが関係式は成り立たなかった。第 8 図でわかるように 0.1% C.M.C を含有した 1.5% 寒天ゲルの立方体を 0.01 M AlCl_3 溶液で 20°C で浸漬すると 90 分でゼリー強度の増加が平衡に達した。

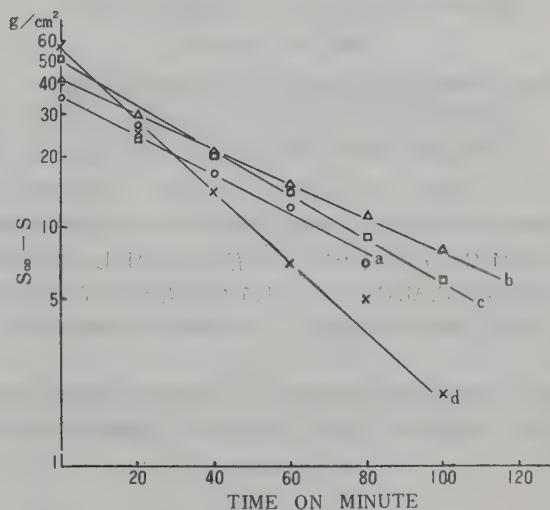


Fig. 7. Relation between $\log(S_{\infty}-S)$ and soaking time. S_{∞} , S , $S_{\infty}-S$; vid. Fig. 6.

a, 0.01 M CaCl_2 soln.; b, 0.02 M; c, 0.04 M; d, 0.08 M.

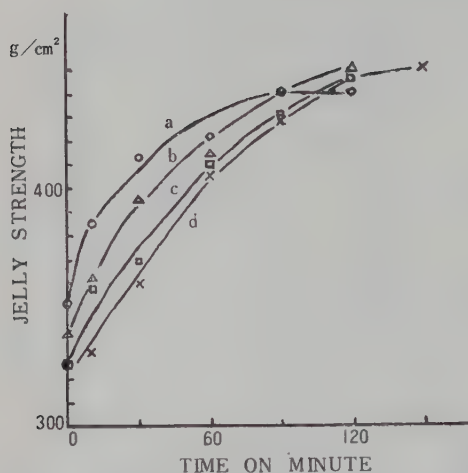


Fig. 8. Change in jelly strength of cubic agar gel contg. various concns. of C.M.C. soaked in 0.01M AlCl_3 soln. at 20°C. a, cubic agar gel contg. 0.02 % of C. M. C.; b, do. 0.05 %; c, 0.1 %; d, 0.2 %.

要 約

- 1) 貯蔵中の蜜豊罐詰内寒天ゲルの加水分解の防止を目的としてアルギン酸ソーダ及び C. M. C をゲル補強剤として採用した。
- 2) アルギン酸ソーダを含んだ寒天ゲルのゼリー強度は濃度の増加に従って低下を示したが 0.2 % の濃度以上では低下しなかった。
- 3) アルギン酸ソーダを含んだ寒天ゲルを CaCl_2 溶液に浸漬すると時間と共にゼリー強度が増加し、その増加量からアルギン酸ソーダと Ca^{++} との反応が一次反応であることを見出した。その反応常数から、0.1~0.2 %

のアルギン酸ソーダを含有した1.5 %寒天ゲルの立方体を 0.1 M CaCl_2 溶液で20°C, 90~120分浸漬するとゼリー強度が増加しアルギン酸石灰の形成も充分であった。

- 4) C. M. C ソーダを寒天ゲルに含有させて AlCl_3 溶液で浸漬した反応は次数を示さなかったが、0.1 % C. M. C を含んだ1.5 %寒天ゲルの立方体を 0.01 M の AlCl_3 溶液に浸漬すると20°C, 90分で平衡に達し、ゼリー強度の増加が見られた。

終りに臨み、実験に援助された、福島保明、香野実の両氏に深謝し、併せて粉末寒天及び C. M. C を供与された化研工業株式会社、安達糊料株式会社に謝意を表します。

蜜豆罐詰内の寒天ゲルに関する研究—II.

貯蔵中のゼリー強度及び其の他の変化※

稲 益 猷 二・小 島 良 夫・白 石 友 義

Studies on the Agar Gel in Canned "Mitsumame" —II.
Changes of Jelly Strength in the Agar Gel, While
Stored as Canned Contents, and Some Others.

By

Yūji INAMASU, Yoshio KOJIMA and Tomoyoshi SHIRAISHI

In our previous report we touched on those reagents which can retain the strength of the jelly in the agar gel and their concentration. We have recently examined some cans containing agar gel, fruits and heavy syrup put together which had been stored for some 80 days at a temperature of 30°C.

The results obtained are as follows : The agar gel thus processed has no function of preventing the syrup from permeating itself, but that without losing its weight. Our sample has nothing particular either in taste or in odour. The pH value of the syrup is less than 3.8 of that of the control syrup, but the jelly strength of the agar gel is between 250 and 275 g/cm², which is larger than that of the control agar gel.

When processed by means of 0.2% Na-Alginate, the agar gel is found to be most effective in strengthening the jelly.

緒 言

前報で寒天ゲルの2種の補強剤とその濃度が報告されたので、この処理を行った寒天ゲルを用いて試製した蜜豆罐詰を30°Cで80日間貯蔵試験をした結果、この期間中に生じたゼリー強度及びその他の変化について報告する。

実 験 の 部

1. 市販蜜豆罐詰内容物の検討

製造会社を異にする市販蜜豆罐詰5点を開罐して検討した結果を第1表に示す。

※ 水産講習所研究業績 第275号, 1959年7月21日 受理

Table 1. The composition of contents in the canned "Mitsumame" which were obtained at a market.

Maker		A	B	C	D	E
Can type (No.)		# 6	# 6	# 5	# 5	# 5
Date of manufacture		22.3. 1958	17.4. 1957	18.3. 1958	14.3. 1958	14.3. 1957
Lapsed days		270	609	274	186	643
Total content	(g)	217.0	210.9	324.2	328.5	324.7
Syrup	(g)	92.5	80.0	130.0	114.5	127.0
Solid	(g)	124.5	130.9	194.2	214.0	197.7
Items of solid	Agar gel	(g) 78.7	99.7	84.1	111.0	119.3
	Peas	(g) 16.9	13.4	13.4	13.7	20.4
	Fruits	(g) 28.9	17.7	96.7	89.3	58.0
Degree of refractometer in syrup(%)		19.0	18.6	26.6	27.0	26.8
PH in syrup		4.46	4.40	3.81	3.82	4.00
Degree of vacuum gauge in can(inch)		3.6	0	10.4	2.2	9.5
Jelly strength of agar gel (gr/cm ²)		95.0	105.0	115.0	150.0	110.0
Condition of agar gel*		—	—	±	+	+
Items of fruits						
A remarks	Apple (pieces)	2.0	—	3.0	2.0	2.0
	White peach (//)	0.5	2.0	2.0	3.0	2.0
	Yellow peach (//)	0.5	—	—	1.0	2.0
	Red cherry (//)	1.0	1.0	3.0	3.0	3.0
	Mandarin orange (//)	3.0	4.0	6.0	9.0	7.0

* — Formless, + Forms a cube.

これ等罐詰の内面の鉄面露出程度は、経過日数及び真空度に関係なく略々一様であった。又内容物総量に対する寒天ゲル、豌豆及び果実類の夫々の詰込割合には大差があり、官能検査によるとこれ等寒天ゲルは何れも脆い感じがした。寒天ゲルのゼリー強度測定結果からシラップ糖度に比例し、シラップ PH に反比例して増減するということが見られた。前者はその滲透圧によって寒天ゲルが脱水収縮するであろうから当然考えられるが、後者は蜜豆罐詰として鮮果を用いたか罐詰製品を再使用したか否か等の製造時の条件が不明な為シラップ PH と寒天ゲルのゼリー強度の関係を明かにすることは出来ない。

2. 試料の調製

(a) 寒天ゲル試料として下記のものを使用した。

おごのり粉末寒天：ゼリー強度 760 g/cm²

アルギン酸ソーダ：比粘度 12.0

Carboxyl Methyl Cellulose のNa 塩 (C.M.C. と略称する)：比粘度 7.38

但し比粘度は0.25%液を25°C で測定した。

アルギン酸ソーダ又は C.M.C. を夫々0.1及び0.2%含有する1.5%寒天水溶液をつくり、之を厚さ15 mm の板状ゲルになるように冷却凝固させた後、(15 mm)³ の立方体 (平均4.1 g) に切断して、アルギン酸ソーダ含有区は 0.1 M/L 塩化カルシウム水溶液に、C.M.C. 含有区は 0.01 M/L 塩化アルミニウム水溶液に夫々 90 分間浸漬して寒天ゲル表面のアルギン酸又は C.M.C. を夫々 Ca 又は Al の金属塩とし、過剰の Ca 又は Al を一夜水漬けして除去

する。尙対照区として1.5%寒天水溶液を(15mm)³の立方体にしたものを製った。

(b) 蜜豆罐詰 1958年12月18日及び21日本所製造実験工場に於て試製した。蜜豆用固形物として寒天ゲルの外は果実酸の影響を知る為に脱皮みかん果肉のみを使用した。即ち洗滌した空罐(#5)に前日調製した0.1%及び0.2%アルギン酸ソーダ含有の寒天ゲル並びに対照区の寒天ゲル(C₁)を夫々50g宛、各々16罐に入れ、之に脱皮みかん果肉(PH 3.75, 糖度8%)150g及びシラップ(糖度43.5%)110gを加え、最終目的シラップ糖度を19%とし真空巻締して加熱殺菌(85°C, 12分)を行い、冷水中で放冷した。以上の48罐をアルギン酸供試区とする。

次に糖度の影響を知る為に最終目的シラップ糖度を21%とし、脱皮みかん果肉(PH 3.75, 糖度11.1%)150g及びシラップ(糖度44.5%)110gを用い、0.1%及び0.2% C. M. C. 含有の寒天ゲル並びに対照区の寒天ゲル(C₂)を夫々50g宛入れて、前と同様に48罐製造し、これを C. M. C. 供試区とする。

3. 開罐方法と結果

供試罐詰は30°Cの孵卵器に入れアルギン酸供試区は1, 4, 8, 22, 36, 50, 64, 78日目, C. M. C. 供試区は1, 4, 15, 29, 43, 58, 71, 85日目の夫々8回各処理区毎に2罐宛開罐

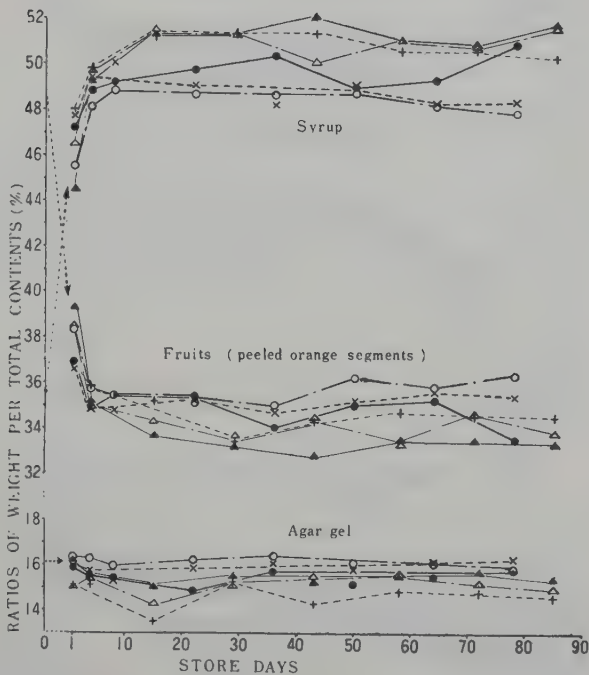


Fig. 1. Changes in weight of syrups, fruits (peeled orange segments) and agar gels.

●—● 0.2% Na-Alginate ▲—▲ 0.2% Na-C. M. C.
○—○ 0.1% Na-Alginate △—△ 0.1% Na-C. M. C.
×.....× Control-1 +.....+ Control-2

して平均値を求める。

(a) 重量 シラップ、果肉及び寒天ゲルの重量を夫々求めその内容物総量に対する夫々の百分率を求め第1図に示した。

即ち、寒天ゲルはアルギン酸供試区では製造時の重量と増減なく略々一定で、その補強剤添加・対照の間には差異が認められないが、C. M. C. 処理区では 0.2 % C. M. C. 0.5 %, 0.1 % C. M. C. 1.0 %, C₂ 1.5 % 減少する。果肉は大体寒天ゲルに反比例して減少する傾向が見られ。シラップは寒天ゲルと果肉の減少量の和として増加するようで 0.2 % C. M. C., 0.1 % C. M. C., C₂, 0.2 % Alg., 0.1 % Alg., C₁ の順序である。

此の結果から補強剤添加による保護膜には寒天ゲルの減量の原因である可溶成分又は含有水分の何れかの脱離を妨げる効果をあげることが出来る。

(糖度) シラップはそのまま、果肉及び寒天ゲルは表面の付着シラップを簡単に水洗し濾紙で吸取り、果肉はガーゼで充分搾った果汁を、寒天ゲルはゼリー強度測定で生じる離漿水を屈折計で測定し、その示度を 20°C の時に換算して第2図に示した。

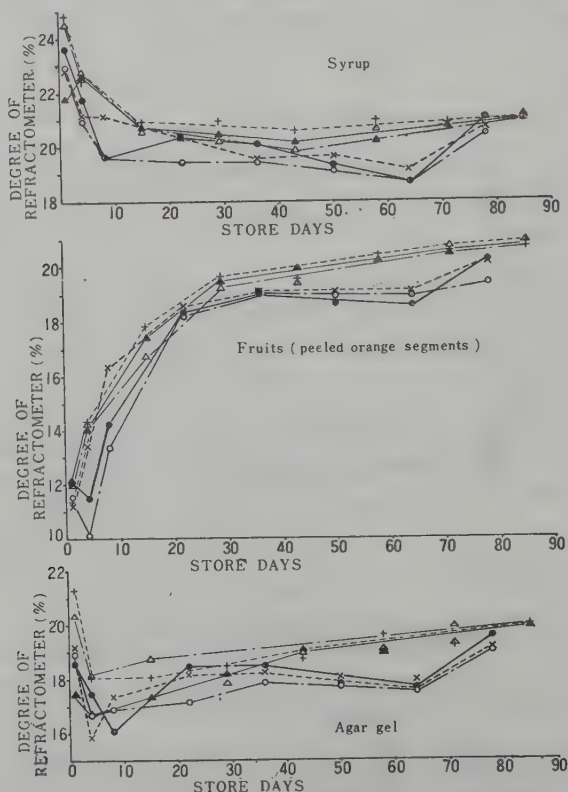


Fig. 2. Changes in percentage of fruits sugar.

果肉糖度は貯蔵後約30日で両区共夫々補強剤添加・対照の区別なくアルギン酸供試区では略19%で平衡状態, C. M. C. 供試区は稍増加の傾向を示して20.7%に達している。シラップ及び寒天ゲルの糖度は貯蔵初期には明かな傾向は認め難いが40日頃以後は両区共補強剤添加・対照の区別なくアルギン酸供試区は一度減少した後, C. M. C. 供試区は引続き増加して夫々シラップ糖度21%, 寒天ゲルの糖度19%に達する同一傾向を有する。

即ちシラップの滲透圧に対して寒天ゲルの保護膜は障害とならず, 前記の寒天ゲルの溶解を防止する効果があるのではなからうか。

(シラップ pH) 東亜電波ガラス電極 pH 計によって, シラップの pH を測定した結果を第3図に示す。これによると何れも日数の経過と共に低下し約40日頃より次第に高くなる傾向があ

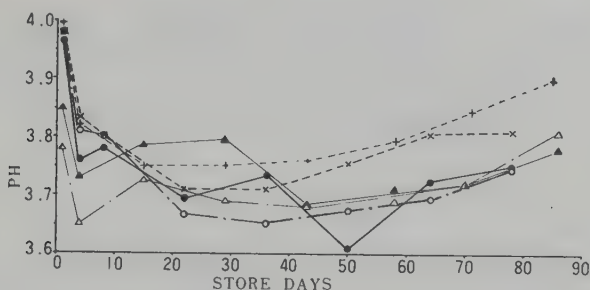


Fig. 3. Changes in PH of syrup.

り。対照区 C_1 及び C_2 は補強剤添加のものに較べて高く, 補強剤添加のものは一時上昇して再び元の傾向に戻るようである。

対照区に於て糖度の高い C_2 が C_1 より pH が高いのは第1図の寒天溶出成分が多いのでこれがシラップの有機酸を消費する為ではないかとも考えられるが, 以上の結果だけでは明かでない。又補強剤添加のものの pH が一時高まるのは金属塩として存在する Ca^{++} , 又は Al^{+++} が

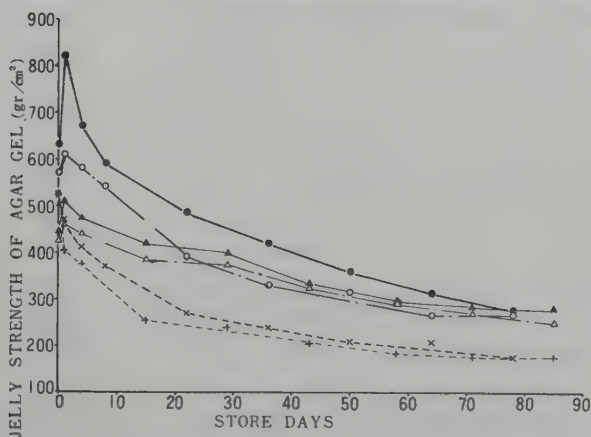


Fig. 4. Changes in jelly strength of agar gel.

H⁺ と置換される為で之が止めば再び低下すると考えられる。

(ゼリー強度) 寒天ゲルを各個毎に寒天ゼリー強度検査器(寒天協会式)によって測定しその平均値を20°C に補正して第4図に示した。即ち対照区を除き補強剤添加のものは製造翌日強度が増加するが、以後は日数の経過と共に 0.2% Alg., 0.2% C. M. C., 0.1% C. M. C., 0.1% Alg., C₁, C₂ の順に漸次減少し、補強剤添加のもので 250~275 g/cm², 対照区で 175 g/cm² となった。

以上の諸結果より保護膜の効果は補強剤添加区が対照区に比し pH が著るしく低いにも不拘強度が大となったが、補強剤の種類及び濃度によっては大差がなかった。然し C. M. C. 供試区の糖度が高いことを考えると 0.2% Alg. が最も有効であるということも出来るのではなかろうか。

尙寒天ゲル官能検査ではゼリー強度 500 g/cm² 以上は硬過ぎ、200 g/cm² は脆かった。種類による差は殆ど認められず、その濃度に比例して効果が略同じである。此のことはシラップ糖度の高い C. M. C. 供試区のものが滲透圧によって脱水収縮し、之がゼリー強度に影響すると考えれば C. M. C. の保護膜効果が劣ることになるが、本試験では明かでない。

要 約

- (1) 市販蜜豆罐詰5罐の内容物を検討してシラップ糖度は18~27%, シラップ pH 3.8~4.4, 寒天ゲルのゼリー強度は95~150 g/cm² でシラップ pH に比例したが、何れも脆かった。
- (2) 補強剤として含有するアルギン酸ソーダ又は C. M. C. を Ca 又は Al の金属塩とした(保護膜) 1.5% 寒天ゲルを脱皮みかん果肉及びシラップと共に罐詰にして、30°C で80日間貯蔵試験を行った。
- (3) 保護膜は寒天ゲルの溶出を防ぎ、シラップの滲透を妨げないことを推定した。
- (4) 補強剤添加のシラップの pH は約 3.57 (78日) で対照区より低く、寒天ゲルのゼリー強度は250~275 g/cm² であった。
- (5) 補強剤の効果はその濃度に比例し、その種類による関係は明かでなかった。

尙本実験を援助された福島保明及び香野実君に感謝します。

ウナギ *Anguilla japonica* TEMMINCK et SCHLEGEL の骨骼について*

松 井 魁 ・ 高 井 徹

Osteology of the Japanese Eel,
Anguilla japonica TEMMINCK et SCHLEGEL

By

Isao MATSUI and Tōru TAKAI

It has been definitely shown by the contributions of GILL (1891), Regan (1912), STARKS (1930), BEEBE (1935~'37), BERG (1940) and GOSLINE (1950~'52) that the internal morphology of the *Anguillida*, especially various features of its skeletons are important in taxonomy including phylogeny, affinity and differentiation. The internal morphology of *Anguillidae* was also investigated by GILL (1891), REGAN (1912) and TREWAVAS (1932). The authors have made an investigation on the internal features of *Anguilla japonica*, and the results obtained may be summarized as follows. Special characters in the endoskeleton of *A. japonica*: 1) Bilateral frontal is articulated by symphysis. 2) Premaxillary-ethmo-vomer with its smooth lateral is well developed. 3) Cranium is low and elongate. 4) Otic bulla is not well developed. 5) Palatistrygoid is developed and its posterior margin is articulated by hyomandibular and quadrate. 6) Maxillary is well developed, extended forward. 7) Suspensorium slants strikingly forward. 8) Urohyal is thick but short. 9) Branchiostegals are comparatively long and the two at the bottom are cut half-way, linked with ligament. 10) Actinosts of short bacilliform are seven in number. 11) Supracleithrum bifurcates at its tip. 12) Neural arch is autogenous which belongs to nine centra in anterior of abdominal vertebrae. 13) Epineurals and epipleurals are nothing but a feeble hairy bone. 14) Terminal vertebra forms a special bone with several ones articulated. 15) Centra in caudal vertebrae are very numerous.

Judging from what is mentioned above, it is apparent that, compared with *Congridae*, *Anguilla japonica* bears in the ubiquitous feature a close resemblance to *Conger japonicus* Bleeker which belongs to *Conger* stem in its phylogenetical position.

ウナギ目魚類 *Anguillida* にあつては内部形態，とくに骨骼系の諸形質が分類学上重要な特

※ 水産講習所研究業績 第276号, 1959年7月21日 受理

徴を備えていることは GILL (1891), REGAN (1912), STARKS (1930), TREWAVAS (1932), BEEBE (1935—'37), BERG (1940), GOSLINE (1950—'52) 等によって明らかにされたが、ウナギ科魚類 *Anguillidae* の内部形態については GILL (1891), REGAN (1912), TREWAVAS (1932), 等の総括的研究があるに過ぎない。EGE (1939) はウナギ科魚類の関系、腹棘数、肛門までの側線孔数、脊椎骨数、斑紋等の外部形態の諸形質に基づいて分類学的研究を行なった。日本産ウナギ *Anguilla japonica* の内部形態については、わずかに佐郷 (1930) の業績があるに過ぎない。そこで筆者等は既往の業績を比較検討し、日本産ウナギの内部特徴について研究した。

結 果

1. 頭蓋骨 (Cranium)

頭蓋骨を構成する骨は顎篩鋤骨板 (premaxillo-ethmo-vomerine plate), 額骨 (frontal), 顱頂骨 (parietal), 翼耳骨 (pterotic), 上耳骨 (epiotic), 上後頭骨 (supraoccipital), 外後頭骨 (exoccipital), 基底後頭骨 (basioccipital), 前耳骨 (prootic), 楔耳骨 (sphenotic), 翼楔骨 (alisphenoid), 眼窩楔骨 (orbitosphenoid), 副楔骨 (parasphenoid) などの諸骨である (第1図)。

顎篩鋤骨板は前上顎骨、篩骨および鋤骨が相癒合して一骨となったもので、強固でよく発達する。とくに篩骨域は肥厚し、その後端は伸びて左右の額骨域に深く侵入し、緻密な縫合でもって関節する。鋤骨域は前部は幅広いが後部は細く、副楔骨の腹面に接して後方に伸びる。その後端は頭蓋骨の1/2より後方に達する。鋤骨および篩骨域の側面は円滑で、アナゴ科のゴテンアナゴ属 *Anago* やハナアナゴ属 *Alloconger* のものがそなえているような側面に張出した側篩骨突起 (lateral ethmoid process) や鋤骨突起 (vomerine process) はない。そして前上顎骨域と鋤骨域の腹面にはほとんど同形の小歯が密生し、歯叢を形成する。顱頂骨は前部が額骨、側部は翼耳骨、後部は上後頭骨および上耳骨とそれぞれ縫合をもって関節する。その縫合面は皺状を呈する。また後縁の背面は上方に向い、左右の顱頂骨で形成された中央の凹部に上後頭骨の前部が深く侵入し関節する。翼耳骨の前部は細く、額骨の側面に沿って著しく前方に延長し、全体の長さはおよそ頭蓋骨長の1/2に相当する。後部は拡がり、顱頂骨、上耳骨、外後頭骨、前耳骨などと関節する。上後頭骨は上耳骨によって圧縮されたような細長い形となり、前部は顱頂骨域に侵入する。上耳骨は発達するが背面域を形成する部分は狭い。外後頭骨はよく発達し、後面の内縁は基底後頭骨とともに大孔 (foramen magnum) を形成する。ハモ科のハモ属 *Muraenesox* やアナゴ科のゴテンアナゴ属 *Anago*, ハナアナゴ属 *Alloconger*, ギンアナゴ属 *Rhynchocymba*, キツネアナゴ属 *Rhynchoconger*, ヒモアナゴ属 *Promyllantor*, アイアナゴ属 *Uroconger* などでは外後頭骨の後面に1本または数本の exoccipital brush が関節しているが本種には全くない。基底後頭骨はよく発達し、外後頭骨、前耳骨、副楔骨とそれぞれ関節し、後端面は第1脊椎骨の椎体と連絡する。上後頭骨、外後頭骨、翼耳骨、基底後頭骨によって形成された頭蓋骨の後端面はほとんど垂直的であるが、わずかに下部を構成する諸骨が後方に出ているので前方に斜れている。前耳骨はよく発達し、副楔骨、基底後頭骨、外後頭骨、翼楔骨および前耳骨と強固に関節する。翼楔骨はよく発達し、前部は額骨、眼窩楔骨、下側は副楔骨、上側は翼耳骨と楔耳骨にそれぞれ関節する。頭蓋骨の後部側面は上述の外後頭骨、基底後頭骨、前耳骨、翼楔骨によって構成され、さらにこれらの諸骨によって聴泡 (otic bulla)

が形成されているが、アナゴ科のクロアナゴ属 *Conger* のものと同じように発達していない。

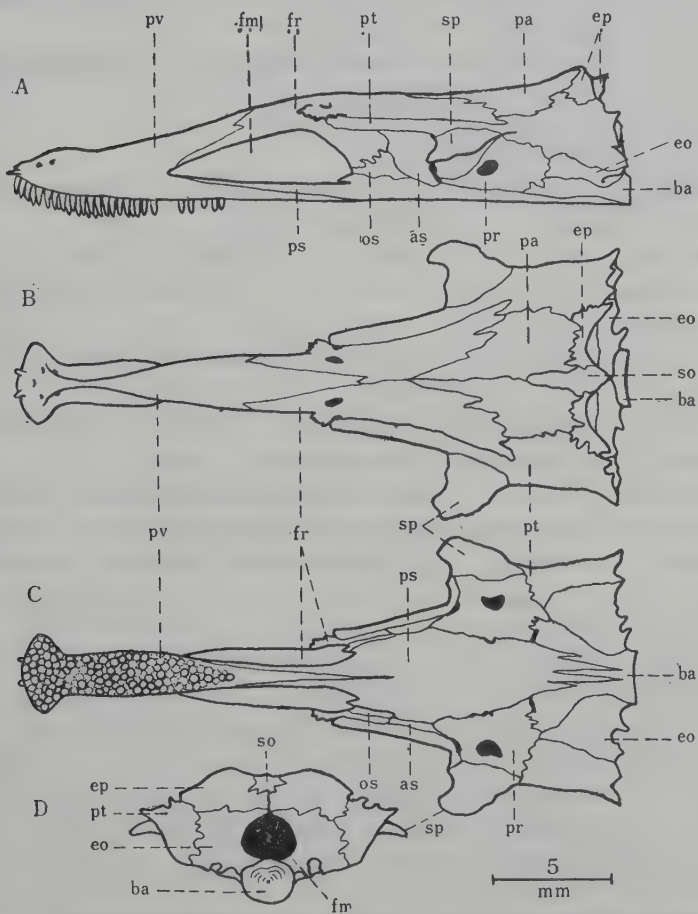


Fig. 1. Cranium of eel, *Anguilla japonica*. A, from side; B, from above; C, from below; D, from behind. as, alisphenoid; ba, basioccipital; eo, exoccipital; ep, epiotic; fm, foramen magnum; fr, frontal; if, interorbital opening; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pr, prootic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; sp, sphenotic.

楔耳骨は背面で翼耳骨と、側面で翼楔骨および前耳骨とそれぞれ関節している。よく発達し、強固で、その先端はわずかに前側方に傾いているが、その程度はアナゴ科のアイアナゴ属、キツネアナゴ属のもののように著しくなく、むしろオキアナゴ属 *Congriscus* のものと相似する。眼窩楔骨は小さく眼窩の後縁下側にあって副楔骨、額骨および翼楔骨とそれぞれ関節する。ハモ属やゴテンアナゴ属、アイアナゴ属のものでは前縁の一部が両眼窩間孔に突出しているが、本種では突出せず、下側は副楔骨にはまり込むように関節し、さらに額骨が広がっているため、先端のごく一部が眼窩後縁を形成する。副楔骨は長く、頭蓋骨の腹面の大部分を形成する。その腹面は中央部が幅広く、後端は2又する。

両眼窩間孔はほぼ長楕円形であるが、前端はやや鋭角を呈する。長径は頭蓋骨長のおよそ $\frac{1}{3}$ 、高さは頭蓋骨長の $\frac{1}{11} \sim \frac{1}{12}$ にそれぞれ相当する。

2. 懸垂骨 (Suspensorium)

懸垂骨は舌顎骨 (hyomandibular)、方骨 (quadrate)、口蓋翼状骨 (paratopterygoid) および4個の鰓蓋骨 (opercles) からなる (第2図)。

ウナギ科の魚類は、懸垂骨の前方への傾斜が、ウナギ目魚類のうちで著しいことは REGAN (1912)、TREWAVAS (1932) が指摘したとおりである。本種の懸垂骨の前方への傾斜はアナゴ類よりもさらに著しい。

舌顎骨はよく発達し、強固で幅広く、上縁はほぼ水平で頭蓋骨側面の翼耳骨、楔耳骨および前耳骨に接する。

方骨は発達し、とくに後縁は肥厚し、舌顎骨の後縁とともに軸状隆起線を形成する。上縁は舌顎骨と関節し、下端は下顎の関節骨 (articular-angular) と接する。

口蓋翼状骨は口蓋骨 (palatine) と翼状骨 (pterygoid) が相癒合して一骨となったもので、前端は靱帯を介して、顎篩鋤骨の篩骨域の下側に接する。細長く板状を呈し、よく発達する。後端は舌顎骨および方骨に接する。前鰓蓋骨 (preopercle) は舌顎骨および方骨の後縁に接し、斜前下方に延びる。前縁の部分はやや肥厚しているが、後半の大部分は薄い。間鰓蓋骨 (interopercle) は前部が前鰓蓋骨に覆われ、後縁の上半分は上鰓蓋骨 (opercle) の前下縁に接する。また前縁の中央は前方に突出し、舌顎骨の後縁下側に接する。下鰓蓋骨 (subopercle) は主鰓蓋骨の前端下縁に始まり、下縁に沿って後方に延び、後端は主鰓蓋骨の後縁のほぼ中央の部位で終る。主鰓蓋骨はほぼ舵形を呈する。先端は舌顎骨の後縁の突起に接する。前半部はやや肥厚するが後半部は薄い。また上下および後縁はいずれも円滑で、鋸歯状の切れ込みのある部分はない。さらに上縁はごくわずかに彎曲するが、アナゴ科の多くの種類にみられるような後端が著しく上方に向った形を呈しないので、上縁は頭蓋骨の主軸に対しておおむね並行している。この点アナゴ科の魚類、とくにクロアナゴ属のものと相違している。

3. 上顎骨および下顎骨 (Maxillary, dentary and articular-angular)

上下の顎骨はよく発達し、いずれも肥厚する。上顎骨は強固で、その先端上部は広がり、靱帯を介して顎篩鋤骨の前上顎骨域に接する。全体はやや下方に彎曲し、中央断面はほぼ三角形を呈する。後端部は扁平で、靱帯を介して歯骨の後部の広がった部分の外側面に接する。歯骨は太い発達し、前端部は前方に延びて顎篩鋤骨の前上顎骨域の先端よりもやや前方に張出している。後半部はとくに肥厚し、関節骨の前部が延びて歯骨内に侵入し、強固な関節をなす。上顎骨と歯骨にはそれぞれ小歯がほぼ3列を形成して密生し、歯帯をつくる。

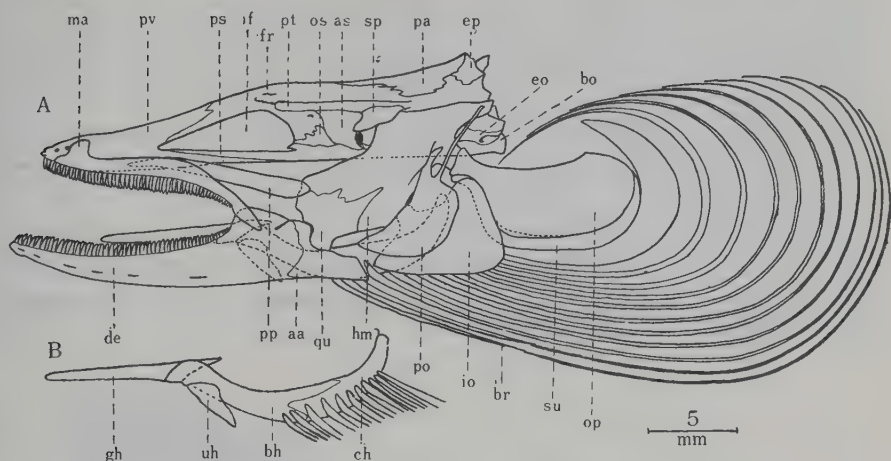


Fig. 2. Lateral view of head skeleton with suspensorium, jaws, opercular bones and hyoid arch of *Anguilla japonica*. aa, articular-angular; as, alisphenoid; bo, basioccipital; bh, hypohyal; ch, ceratohyal; de, dentary; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; gh, glossohyal; hm, hyomandibular; if, interorbital opening; ma, maxillary; op, opercle; os, orbitosphenoid; pa, parietal; po, preopercle; pp, palatopterygoid; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; qu, quadrate; sp, sphenotic; su, subopercle; uh, urohyal.

4. 鼻骨および前眼窩骨 (Nasal and preorbital)

鼻骨は顎節肋骨の先端部の上方の篩骨域の両側に接して横たわる。薄くかつ細長い。前眼窩骨は鼻骨の後方下側の皮下にあって遊離する。

5. 舌 孤 (Hyoid arch)

舌孤は咽舌骨 (glossohyal), 下舌骨 (hypohyal), 角舌骨 (ceratohyal), 尾舌骨 (urohyal) および鰓条骨 (branchiostegals) よりなる。咽舌骨は短棒状で、前部の背面は縦に凹部を形成する。後部の側面は左右の下舌骨の基部が接し、後端の拳状を呈する部分には基鰓骨 (basibranchial) が靱帯をもって接続する。下舌骨はよく発達し、後方に著しく伸び、角舌骨と強固に関節する。後半部下側の溝部には2本の鰓条骨の基部が関節する。角舌骨は発達し、その前縁部は下舌骨と関節し、また後半部は上方に彎曲し、その先端部は舌顎骨の内側および主鰓蓋骨の基部とそれぞれ靱帯をもって接続する。尾舌骨はよく発達して肥厚するが短い。下舌骨に接する前端部は拳状で、ヒレアナゴ科の *Kaupichthys diodontus* のそれに似る。さらに後端は靱帯で左右の鎖骨 (cleithrum) の基底部に接続する。鰓条骨は各側11~12本で通常下舌骨に2本、他は角舌骨の下外側部に接する。最上位の鰓条骨はやや幅が広く、鎌状を呈し、下鰓蓋骨に沿って伸びる。さらに2番目の鰓条骨は著しく伸びて前方に向い主鰓蓋骨の上縁前部にまで達する。それより下位にある5~6本の鰓条骨も同じように長くその先端はいずれも前下方に向う。最下位にある2本の鰓条骨は途中で切れて、靱帯で連絡されている。以上のように鰓条骨が非常に長く、鰓蓋骨を完全にとりまくように配列した形を呈することや、最下位の2本が途中で離れていることは他の科のものではみられない。

6. 肩 帯 (Shoulder girdle)

上上の鰓蓋骨, 後鎖骨, 上鳥喙骨などを除き, 上鎖骨 (supracleithrum), 鎖骨 (cleithrum), 上鳥喙骨 (scapula), 下鳥喙骨 (coracoid), 硬骨化した7箇の射出骨 (actinost) および上下の鳥喙骨および射出骨を結合する軟骨板 (cartilage plate) となる。上鎖骨の上端部はやや広がり, 先端はイッ・アナギ属, ハリアナギ属, ミナミアナギ属およびヒモアナゴ属のものと同一ようにスジする。上端部は第3図のように鎖骨の上外側と接する。鎖骨の上端部は両鳥喙骨を連結する軟骨板の前縁部。上鎖骨の上端部に挟まれるように接し, また下半部は緩やかに彎曲して前方に延びる。

上鳥喙骨は半円形, 前上側には楕円形の鳥喙骨孔 (scapular foramen) がある。下鳥喙骨は半圓形, 上縁を除き軟骨板に埋まる。射出骨は7箇を硬骨化し, 最上位にある1箇は軟骨である。短棒状の下位のものは長い。いずれも後端は胸鱗鱗状の基部が接する軟骨板に, 前縁は上下鳥喙骨を含む軟骨板と接する。

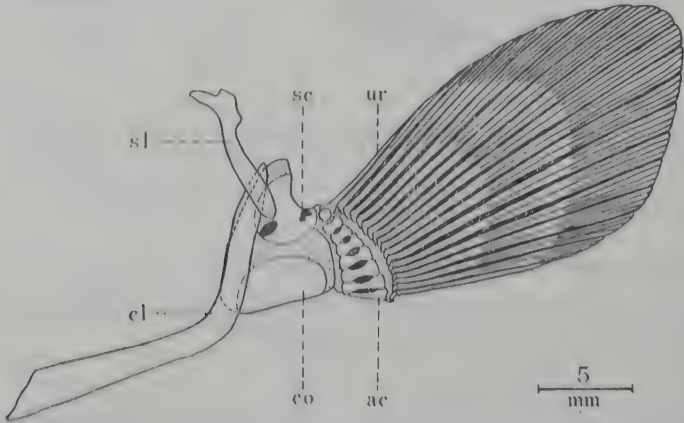


Fig. 3. Lateral view of pectoral girdle of *Anguilla japonica*. Cartilage stippled. ac, actinost; cl, cleithrum; co, coracoid; sc, scapula; sl, supracleithrum; ur, upper pectoral ray.

7. 脊椎骨および肉間骨 (Vertebrae and intermuscular bones)

脊椎骨および附属骨の形態を第4, 5, 6図に掲げた。

REGAN (1912) は科の重要な位置の上として椎体 (centrum) の横突起 (transverse process) の有無を挙げて, ウツボ科 *Muraenidae*, アサギ科 *Congridae*, ヒレアサギ科 *Echelidae* などにはこれを有するものとした, しかし日本産アサギ科の魚類にはこれを有するものと欠ぐものがある。例えばオキアナギ属, ヒレアサギ属, ミナミアサギ属にはない。A. japonica では明らかにこれを欠いている。また, 尾椎 (terminal vertebra) は尾部棒状骨 (urostyle), 下尾軸骨 (hypural), 尾神経突起 (uroneural) および上尾軸骨 (epural) が相癒合して特異な形をなしている。また FORD (1937) は *Anguilla anguilla* の前部神経弓門 (neural arch) は椎体と癒合していないとしているが* A. japonica では9箇の前部神経弓門と椎体が完全

* FORD, E. 1937. *Jour. Mar. Biol. Assoc.*, 22 (1) を直説引用しない。松原 (1985), 魚類の形態と検索による。

に癒着していない。

神経棘 (neural spine) は頭部に近い腹椎前部の椎体では発達せず、通常第1椎体から第9椎体まで板状で上縁は鋸歯状を呈する。第9椎体以後次第に発達して延び、椎体背面の後端から斜後方に向って筋肉内に突出する。側突起 (parapophysis) は腹椎前部の数個にそなわるものは発達せず、椎体の下部において翼状に側方に張出す。しかし、通常第7椎体から次第に突起状にかわるが、およそ第14椎体まで椎体に対してほぼ水平方向に張出し、その主軸は斜後方に向う。しかし通常第15椎体から腹椎最後の椎体までの側突起は椎体に対して直角に、かつ先端は斜下方に向って張出し、その中央には軸状隆起線が形成され、その先端は尖る。またこれらの側突起には後葉がそなわる。第48椎体から血管を保護する血道弓 (haemal arch) がこれに代り、その先端は尖って血管棘 (haemal spine) を形成する。内間骨としては上神経棘 (epineurals), 肋上骨 (epipleurals) および肋骨 (pleurals) の3骨がみられる。これらの骨片の脊椎骨上における附着範囲を模式図で示すと第7図のようである。上神経棘は1本*の

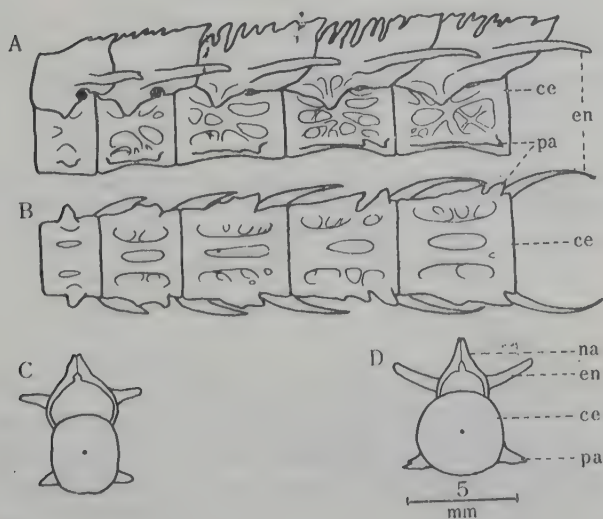


Fig. 4. Showing the first to 5th abdominal vertebrae of *Anguilla japonica*. A, lateral view; B, ventral view; C, first vertebra from front; D, 5th vertebra from front. ce, centrum; en, epineural; na, neural arch; pa, parapophysis.

弓状骨で、その基部は靱帯で神経弓の側下部に結着するか、または癒合し、先端は体側筋隔内に遊離する。第7図に示すように第1椎体までの上神経棘は神経弓の側面下部に癒着し、

* ハコ科、アサギ科に属する魚のなかには靱帯組織で連結する2つの骨片、あるいはこれらの骨片一方に癒着して分枝状となる上神経棘および肋上骨がある。また例えばアサギ科の *グニョウ* 属のように分化の程度の高いものでは、これらの上方筋隔内に遊離した1本の副上神経棘 (sub-epineurals), 下方筋隔内に遊離した副肋上骨 (sub-epipleural) が存在する。

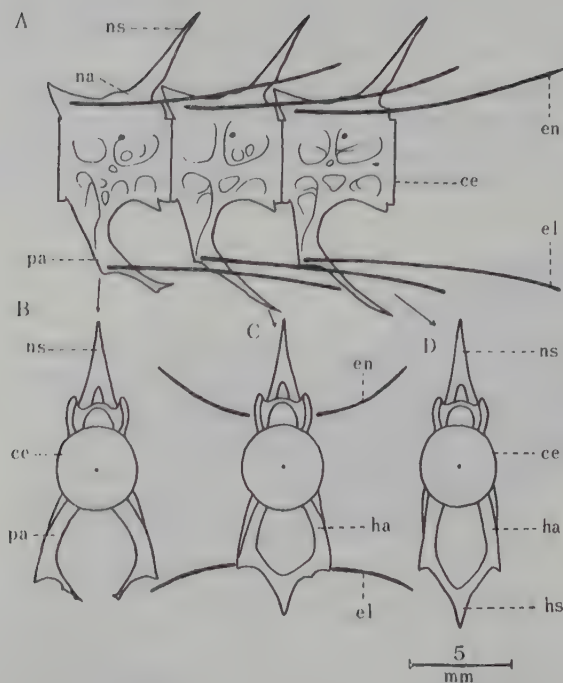


Fig. 5. Last three abdominal vertebrae of *Anguilla japonica*. A, lateral view; B, 44th vertebra from front (intermuscular bones omitted); C, 45th vertebra from front; D, 46th vertebra from front (intermuscular bones omitted). ce, centrum; ep, epipleural; en, epineural; ha, haemal arch; hs, haemal spine; na, neural arch; ns neural spine; pa, parapophysis.

突起状となるが、第8椎体から第86椎体までのものはすべて靱帯を介して基部が神経の分岐に結合する。

肋骨は第38椎体から始まり、第86椎体で終る。肋骨骨も1本の骨片で、基部は腹椎骨では側突起の先端近く、尾椎骨では血管の分岐の先端部位の外側に関節する。

肋骨は第7椎体から第37椎体までにそなわり、いずれも側突起の主筋の先端部外側から腹部の皮下を下方に延び、その先端は遊離する。なお、脊椎骨数は115箇、腹椎骨数は48箇、尾椎骨数は67箇で尾部における増加が著しい。

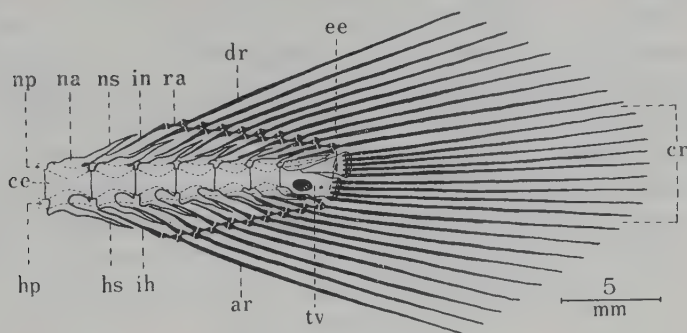


Fig. 6. Last seven vertebrae plus endoskeletal and bases of exoskeletal elements of fin rays. ar, anal fin ray; ce, centrum; dr, dorsal fin ray; ee, endoskeletal elements of fin rays; hp, haemal pipe; hs, haemal spine; ih, interhaemal spine; in, interneural spine; na, neural arch; np, neural pipe; ns, neural spine; ra, fin-radial; tv, terminal vertebra.

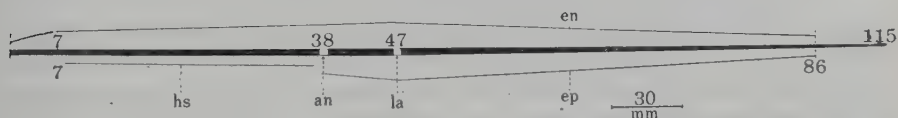


Fig. 7. Diagrammatic representation of localization of the intermuscular bones of *Anguilla japonica*, connected with its vertebral column. Abbreviations: an, anal position on vertebrae; en, epineurals; ep, epipleurals; hs, haemal rib, la, last abdominal vertebra.

む す び

以上の観察結果にもとづいて日本産ウナギの骨骼系における特異な形質として次の諸点をあげることが出来る。すなわち、1) 左右の顴骨が縫合をもって関節すること、2) 顴篩鋤骨はよく発達し、側面は滑かであること、3) 頭蓋骨は低く、細長いこと、4) 聴泡は発達していないこと、5) 眼窩楔骨が小さく、前縁がわずかに眼窩の後下縁を形成すること、6) 口蓋翼状骨はよく発達し、後縁は舌顎骨と方骨に関節すること、7) 下顎骨はよく発達し、前部は前方に伸び、先端は顴篩鋤骨の前上顎骨域の先端よりわずかに前方に伸びること、8) 懸垂骨の前方への傾斜が著しいこと、9) 尾舌骨は肥厚し、短いこと、10) 鰓条骨が著しく長いこと、および最下位の2本は途中が離れ靱帯で連結されていること、11) 射出骨は短棒状で7箇所をそなえること、12) 上鎖骨の先端は2又すること、13) 腹椎前部の9箇の椎体にそなわる神経弓門が autogenous であること、14) 上神経棘および肋上骨は1本の毛状骨で貧弱であること、15) 尾骨の形態が特異であること、16) 尾椎骨数が著しく多いことなどである。

REGAN (1912) は顴骨を重要視し、現存するウナギ目魚類の進化の過程を左右の顴骨が縫合をもって関節する群と癒合して一骨となる群を分けて2大主幹、すなわちウナギ系主幹とアナゴ系主幹を求め、ウナギ科およびアナゴ科の魚類がそれぞれの主幹においてもっとも出発点近

くにあると考察した。この仮定はその後、TREWAVAS(1932), BERG (1940), GOSLINE (1952) などによって採択され、また松原(1955)も日本産のウナギ科およびアナゴ科の魚類を検討し、両科の魚は射出骨、鱗など多少の相違があるが、両顎骨や懸垂骨などはよく類似し、この2大主幹の仮定においてそれぞれの出発点から余り遠ざかっていないことを明らかにした。

この点についてウナギと本邦産アナゴ科の魚類を比較考察してみると全く一致した結論を得る。とりわけアナゴ科のなかでもクロアナゴ幹 (conger-stem) の基部に位置するとみられるクロアナゴ属とは、それぞれの特異形質に多少の分化の程度の相違をもつが、多くの類似した骨刺形質をそなえており、両者は起源および分化の過程に追求すべき興味ある問題をもっている。

文 献

- 1) 浅野 博利: 1956. 日本産アナゴ科魚類の研究. 京都大学農学部水産学教室, pp. 1-49, figs. 1-28 (騰写刷).
- 2) BEEBE, W.: 1935. Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Derichthyidae. *Zoologica*, **20**(1), pp. 1-23, figs. 1-9.
- 3) ————: 1935. Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Nessorhamphidae. *Zoologica*, **20**(2), pp. 25-51, figs. 10-23.
- 4) BERG, L. S.: 1940. Classification of fishes, both recent and fossil. *Trav. l'inst. Zool. l'Acad. Sci. l'URSS.*, **5**(2). pp. 87-517, figs. 1-190.
- 5) EGE, V.: 1939. A revision of the genus *Anguilla* Shaw. A systematic, phylogenetic and geographical study. *Dana Report*, **16**, pp. 1-256, fig. 1-53, pls. 1-6.
- 6) GILL, T.: 1890. The Osteological characters of family Anguillidae. *Proc. U. S. Nat. Mus.*, Washington, **13**, pp. 157-160.
- 7) GOSLINE, W. A.: 1950. The osteology and relationships of the echelid eel, *Kaupichthys diodontus*. *Pacific Sci.*, **4**(4), pp. 309-314, figs. 1-7.
- 8) ————: 1951. The osteology and classification of the ophichthid eels of the Hawaiian Islands. *Pacific Sci.*, **5**(4), pp. 298-320, figs. 1-18.
- 9) ————: 1951. *Chilorhinus brocki*, a new echelid eel from Hawaii, with notes on the classification of the order Anguillida. *Copeia*, **1951** (3) pp. 195-202, fig. 1.
- 10) ————: 1952. Notes on the systematic status of four eel families. *Jour. Washington Acad. Sci.*, **42**(4), pp. 130-135, figs. 1-2.
- 11) 松原壽代松: 1955. 魚類の形態と検索, I. pp. 1-789, figs. 1-288. 石崎書店, 東京.
- 12) PHILLIPS, J. B.: 1942. Osteology of the sardine (*Sardinops caerulea*). *Jour. Morph.* **70**(3), pp. 1-79, fig. 1-22.
- 13) REGAN, C. T.: 1912. The osteology and classification of the teleostean fishes of the order Apodes. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, **8** (10). pp. 377-387, figs. 1-2.
- 14) STARKS, E. C.: 1930. The primary shoulder girdle of the bony fishes. *Stanford Univ. Pub. Univ. Seres. Bio. Sci.*, **6** (2), pp. 1-93, figs. 1-38.
- 15) 佐郷 卿: 1930. 鰻体の解剖に関する研究. 水産学雑誌, **30**, pp. 17-34. pls. 1-2.
- 16) TREWAVAS, E.: 1932. A contribution to the classification of the fishes of the order Apodes, based on the osteology of some rare eels. *Proc. Zool. Soc., London*. pp. 639-659, figs. 1-9, pls. 1-4.
- 17) 高井 徹: 1959. 日本産重要ウナギ目魚類の形態, 生態ならびに増殖に関する研究. 本報告, **8** (3) 印刷中.

養成クロダイの成長と外部形態について*

高井 徹・溝上 昭男・松井 魁

Study on the Growth and External Characters of the Cultured
Black Bream, *Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY)

By

Tōru TAKAI, Akio MIZOKAMI and Isao MATSUI

We believe it to be indispensably necessary to aquiculture and the development of fishery resources to investigate the growth and morphological variation of fishes to be caused by the differences in their ecological environment and nutrition.

From this point of view the authors have pursued investigations of the cultured black bream, *Mylio macrocephalus* (BASILEWSKY) concerning the effect of the amount of food given to the fish upon its growth rate, weight-multiplication rate, decreasing rate and food quotient. We have also compared the natural black bream with the cultured one in their respective external morphological characters. The results obtained from the present investigation may be briefly summarized as follows:

- 1) The growth-rate, weight-multiplication rate and food quotient are directly proportional to the amount of food given to the fish.
- 2) The decreasing rate is inversely proportional to the amount of food given to the fish.
- 3) As to external morphological variations, a well-grown cultured black bream exceeds an ill-grown one in trunk length, caudal length, body height, fin-ray length and distance from the tip of the snout to the origin of the dorsal or anal fin, but the reverse is the case with the eye diameter, head length and distance from the tip of the snout to the origin of the pectoral fins of the fish.
- 4) Morphological differences between the natural and the cultured black bream can be recognized in the following eight external characteristics, viz., trunk length; distance from the tip of the snout to the origin of either dorsal or pectoral fin; respective length of the pectoral, the anal and the ventral fin; length of the dorsal fin base; body weight.

The cultured black bream exceeds the natural one in the coefficient mean value, so far as the eight above-mentioned characteristics are concerned.

まえがき

クロダイの稚魚・未成魚に関し、妹尾(1912)、神谷(1915)、岸上(1916)、梶山と西岡(1930)等が形態について、木下(1936)は性について、大島(1942)は成長についてそれぞれ報告しているが、異なった生息環境によって生ずる成長度の相違や、形態の変異についての業績は見ない。

そこで著者らは夏期内湾に現われる稚魚を異なった投餌量で養成したばあいの成長度、増重倍率、餌料係数および減耗率などを求め、そしてこれらの養成群と自然環境のなかで成長した天然群とのそれぞれの間における外部形態の差異および変異の傾向などについて追求した。

採集と飼育に協力していただいた田名臨海実験実習場吉岡俊夫氏に深謝する。

実験材料および方法

養成に用いた稚魚は1958年7月14日に山口県熊毛郡沿岸で採捕した全長1.3~1.8 cmのもので、これを長さ65 cm、幅50 cmおよび深さ45 cmのコンクリート製水槽2面にそれぞれ30尾放養し、これをAおよびB群とした。水槽の底部には厚さおよそ、5 cm に砂を敷き、中央部には大小の石をおいて隠れ場を与えた。また水槽には毎分およそ 6 ℓ の海水を海から導入して循環させた。

養成期間および投餌量は、7月14日から27日までの14日間は餌付けおよび日間捕食量を知るための予備期間として、A群には総放養魚体重の30%，B群には20%に相当する重量の餌を与え、そして7月28日から10月10日までA群に20%，B群に10%をそれぞれ与え、15日毎に取りあげて全長および体重を記録し、再び放養した。なお、15日間を1期間とし第1期より第6期までとした。

餌料は餌付け期間にはゴカイ *Nereis japonica* を小さくきざんで金網の上におき、これを水槽の中層に懸垂した。以後はマアヂ *Trachurus japonicus*、マイワシ *Sardinia melanosticta* およびホンサバ *Pneumatophorus japonicus japonicus* などの生鮮肉を小さく切って投与した。

増重倍率(W)、餌料係数(F)、減耗率(N)はそれぞれ次式によって求めた。

$$W = \frac{w_1 - w_0}{w_0}, \quad F = \frac{w_1 - w_0}{f}, \quad N = \frac{n_0 - n_1}{n_0} \times 100$$

ただし、放養時の重量を w_0 、尾数を n_0 、収納時の重量を w_1 、尾数を n_1 、養成期間の総投餌量を f とする。

なお、養成期間における5日間毎の平均水温の変化は第1図の通りである。

形態の変異についてしらべた材料は養成実験の終了日(1958年10月10日)に平生湾で採捕した天然産(N)のものと、養成したAおよびB群で(第1表)、体形の測定部位は第2図に示すように18形質で、これらの形質をそれぞれ全長(TL)で除して100倍した係数の群別平均値を求めて比較した。各群の間の有意差の限界は

$$4 \leq \frac{|M_A - M_B|}{\sqrt{A(p\epsilon)^2 + B(p\epsilon)^2}}$$

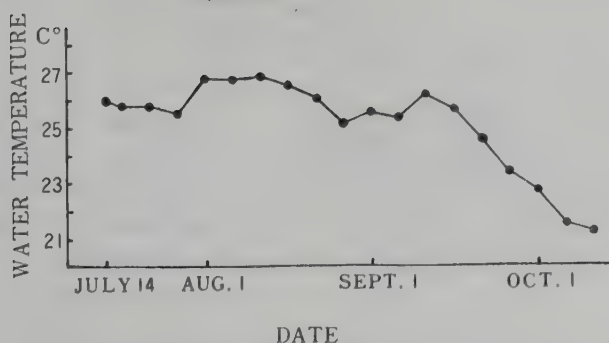


Fig. 1. Variations of the mean water temperature every fifth day during the culture of black bream, *M. macrocephalus*.

Table 1. Comparison of total length and body weight of black bream, *M. macrocephalus* cultured under the differentiated conditions. Well-grown fish was cultured by the amount of food equivalent to 20 percent total body weights, and 10 percent for ill-grown one respectively.

Condition	No.	Total length (cm)		Body weight (g)	
		Range	Mean value	Range	Mean value
Natural fish (N)	10	8.10~9.30	8.65±0.09	8.80~12.20	10.68±0.33
Well-grown cultured (WG)	10	5.90~9.40	7.59±0.22	3.40~13.50	7.47±0.63
Ill-grown cultured (IG)	10	4.75~6.80	5.70±0.16	1.80~ 5.30	3.02±0.26

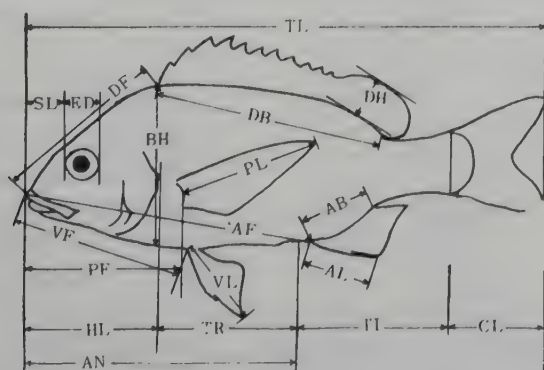


Fig. 2. Topography of the external measurements of the immature black bream, *M. macrocephalus*. AN, Anal length; AL, anal fin length; BH, body height; CL, caudal fin length; DB, dorsal fin base length; DF, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; DH, dorsal fin depth; ED, eye diameter; HL, head length; PF, distance from tip of snout to origin of pectoral fin; PL, pectoral fin length; SL, snout length; TL, tail length; TR, trunk length; TI, total length; VL, ventral fin length.

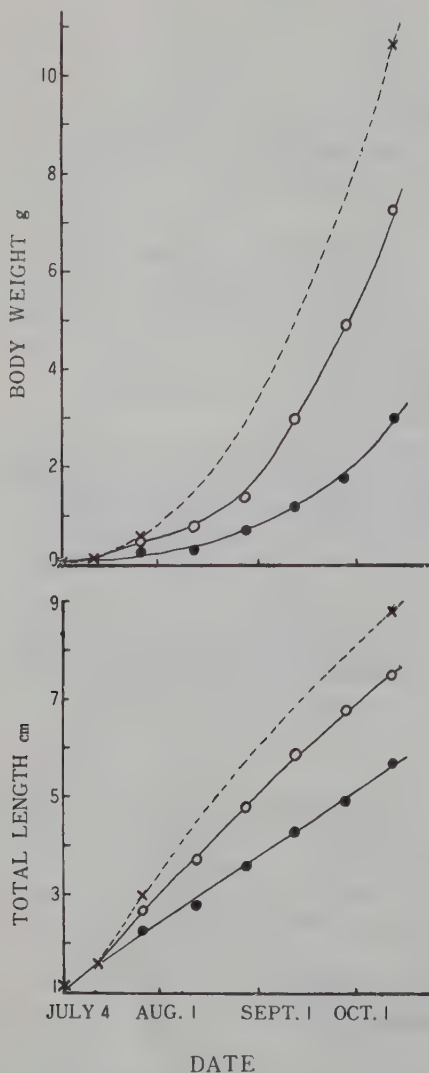


Fig. 3. The growth curves of the cultured immature black bream, *M. macrocephalus*. Fishes were cultured by amount of food equivalent to 20 (○) and 10 percent (●) total body weights respectively; (×) natural fish as the control.

で規定した。ただし、 M は形質の全長に対する割合の平均値、 pe はその標準誤差。

結 果

1) 全長および体重の増加傾向

投餌量の相違する2群の全長の伸びは、第3図のようにいずれもほぼ直線的、また体重は拋物線の増加傾向を示すが、いずれも養成日数の増加とともに両群の間に成長度の開きが大きくなる。

これらの養成群の収納時(10月10日)における全長および体重と、同じ日に平生湾で採捕した天然の個体群のそれらをそれぞれ比較してみると、天然群ではすでに平均全長 8.65 ± 0.09 cm, 平均体重 10.68 ± 0.33 g に成長しており、これに対し成長の良かったA群は、平均全長 7.59 ± 0.22 cm, 平均体重 7.47 ± 0.63 g, 成長の劣ったB群ではそれぞれ 5.70 ± 0.16 cm, 3.02 ± 0.26 g で、とくに天然産の群と養成B群の間では全長および体重ともに著しい差がみられる。

2) 増重倍率、餌料係数および減耗率

第2表の結果から養成した2群の増重倍率、餌料係数および減耗率をそれぞれ各期間毎、および全養成期間について求めると第3表となる。この表でわかるように増重倍率は餌料係数と逆比例の関係が認められ、とりわけ増重倍率の大きい期間においては餌料係数が小さく、摂取された餌料が増肉のために有効に消費されているようである。

全養成期間を通じて増重倍率ももっとも大きく、餌料係数が小さい期間ではA群では第1期、B群では第6期で、前者における増重倍率は1017、餌料係数は3.69、後者ではそれぞれ0.69、2.18を示した。

減耗率は両群とも養成初期に比較的高率を示した養成期間の経過とともにしだいに小さくなり A 群では 5 期以後、B 群では 4 期以後認められなかった。

Table 2. Weight-multiplication rate, decreasing rate and food quotient of the cultured black bream, *M. macrocephalus*. Fishes were cultured by the amount of food equivalent to 20 (A) and 10 percent (B) total body weights.

Group of fish	Date (Period)	At time of fishing		Average		Increase of body weight (g)	Number of decrease	Amount of food (g) (day for feeding)
		Weight (g)	No.	total length (cm)	body weight (g)			
A	July 28 (I)	9.8	20	2.70	0.49	5.3	10	19.6 (14)
	Aug. 12 (II)	13.2	16	3.70	0.83	3.4	4	22.5 (15)
	Aug. 27 (III)	18.5	13	4.81	1.43	5.3	3	39.0 (15)
	Sept. 11 (IV)	33.1	11	5.88	3.01	14.6	2	55.5 (15)
	Sept. 26 (V)	54.4	11	6.82	4.94	21.3	0	99.0 (15)
	Oct. 10 (VI)	82.7	11	7.51	7.27	28.3	0	163.0 (15)
	Total	82.7	11	—	—	78.2	19	399.1 (89)
B	July 28 (I)	5.4	19	2.30	0.28	0.9	11	12.6 (14)
	Aug. 12 (II)	4.5	14	2.79	0.32	-0.9	5	9.0 (15)
	Aug. 27 (III)	7.2	10	3.57	0.72	2.7	4	7.5 (15)
	Sept. 11 (IV)	11.6	10	4.28	1.16	4.4	0	10.5 (15)
	Sept. 26 (V)	17.8	10	4.88	1.78	6.2	0	18.0 (15)
	Oct. 10 (VI)	30.2	10	5.70	3.02	12.4	0	2.70 (15)
	Total	20.2	10	—	—	25.7	20	84.6 (89)

Table 3. Weight-multiplication rate, decreasing rate and food quotient of the cultured black bream, *M. macrocephalus*. (Abbreviations are as in Table 2)

Date(Period)	Items	Weight-multiplication rate		Food quotient		Decreasing rate	
		Group		Group		Group	
		A	B	A	B	A	B
July 28 (I)		1.17	0.20	3.69	14.00	33.3	36.6
Aug. 12 (II)		0.35	-0.20	6.61	—	20.0	26.3
Aug. 27 (III)		0.40	0.60	7.35	2.77	18.7	28.5
Sept. 11 (IV)		0.78	0.61	3.80	2.38	16.1	0.0
Sept. 26 (V)		0.64	0.53	4.64	2.90	0.0	0.0
Oct. 10 (VI)		0.52	0.69	6.09	2.18	0.0	0.0
From July 14 to Oct. 10 (89 days)		17.37	5.71	5.10	3.29	63.3	66.7

3) 外部形態の差異と変異の傾向

養成した A および B 群、および天然群の外部諸形質（第 2 図）を測定し、各形質の全長に対する割合の群別平均値を求めると第 4 表となる。そして第 4 表から各群間における各形質の差

異の有無をみるため信頼度を求めたのが第5表である。

Table 4. Mean values in rate of each morphological characteristics to the total length of both the natural and the cultured black bream, *M. macrocephalus*. (Abbreviations are as in Fig. 2 and Table 2)

Group of fish	Natural (N)		Cultured			
	Mean value	Standard deviation	A		B	
Items			Mean value	Standard deviation	Mean value	Standard deviation
(AN/TL) × 100	52.510±0.109	0.511±0.077	52.062±0.163	0.767±0.115	52.313±0.254	1.193±0.179
(HL/TL) × 100	27.806±0.082	0.388±0.058	28.375±0.100	0.471±0.071	29.170±0.233	1.092±0.165
(TR/TL) × 100	24.558±0.123	0.580±0.087	23.913±0.083	0.390±0.059	23.362±0.248	1.166±0.175
(TI/TL) × 100	32.383±0.115	0.542±0.082	32.094±0.147	0.692±0.104	31.235±0.189	0.887±0.135
(SL/TL) × 100	9.749±0.062	0.291±0.044	9.371±0.109	0.511±0.077	9.291±0.069	0.324±0.047
(PL/TL) × 100	26.254±0.143	0.671±0.101	25.086±0.208	0.976±0.147	24.608±0.097	0.457±0.071
(AL/TL) × 100	13.838±0.123	0.579±0.087	12.312±0.175	0.821±0.123	12.133±0.136	0.640±0.094
(VL/TL) × 100	19.569±0.127	0.597±0.090	18.727±0.161	0.753±0.113	18.520±0.121	0.567±0.084
(CL/TL) × 100	19.223±0.080	0.374±0.056	18.666±0.123	0.578±0.087	18.562±0.115	0.541±0.082
(DF/TL) × 100	36.067±0.070	0.331±0.051	34.944±0.121	0.566±0.085	34.529±0.111	0.521±0.081
(AF/TL) × 100	56.492±0.163	0.764±0.115	55.553±0.098	0.461±0.071	55.419±0.172	0.807±0.121
(VF/TL) × 100	33.091±0.142	0.665±0.099	33.130±0.187	0.876±0.132	33.686±0.237	1.113±0.169
(PF/TL) × 100	29.025±0.098	0.462±0.071	29.100±0.176	0.827±0.124	30.298±0.204	0.957±0.144
(DB/TL) × 100	42.697±0.092	0.436±0.065	41.179±0.266	1.247±0.188	40.094±0.103	0.482±0.072
(AB/TL) × 100	13.358±0.048	0.225±0.034	13.322±0.121	0.568±0.087	13.010±0.079	0.370±0.056
(BH/TL) × 100	32.512±0.084	0.398±0.059	30.479±0.123	0.578±0.087	29.832±0.224	1.051±0.159
(DH/TL) × 100	10.584±0.084	0.397±0.059	10.366±0.131	0.616±0.092	9.728±0.119	0.562±0.086
(ED/TL) × 100	7.711±0.045	0.011±0.032	8.065±0.149	0.698±0.105	9.220±0.181	0.864±0.130

Table 5. Confident coefficients in differences of morphological characteristics between the natural and the cultured black bream, *M. macrocephalus*. (Abbreviations are as in Fig. 2 and Tables 2 and 4)

Group of fish	N and A		N and B		A and B	
Items	N ~ A	$\frac{N \sim A}{\sqrt{N(\rho\epsilon)^2 + A(\rho\epsilon)^2}}$	N ~ B	$\frac{N \sim B}{\sqrt{N(\rho\epsilon)^2 + B(\rho\epsilon)^2}}$	A ~ B	$\frac{A \sim B}{\sqrt{A(\rho\epsilon)^2 + B(\rho\epsilon)^2}}$
AN	0.448	2.28	0.197	0.71	0.251	0.83
HR	0.569	4.41	1.364	5.52	0.795	3.10
TR	0.685	4.35	1.196	4.33	0.551	2.11
TI	0.289	1.55	1.148	5.19	0.859	3.59
SL	0.378	3.02	0.458	4.97	0.080	0.97
PL	1.168	4.63	1.646	9.56	0.478	3.41
AL	1.526	7.13	1.705	9.31	0.179	0.81
VL	0.842	4.11	1.049	5.99	0.207	1.36
CL	0.557	3.84	0.661	4.68	0.104	0.62
DE	1.123	8.07	1.558	11.89	0.415	2.53
AF	0.939	4.94	1.073	4.54	0.134	0.69
VF	0.039	0.18	0.595	2.16	0.556	1.84
PF	0.075	0.37	1.273	5.63	1.195	4.45
DB	1.518	5.40	2.603	18.86	1.085	3.81
AB	0.036	0.27	0.348	3.78	0.312	2.40
BH	2.033	12.94	2.680	11.21	0.647	2.53
DH	0.218	1.41	0.856	5.86	0.638	3.60
ED	0.354	2.28	1.509	7.98	1.155	4.89

すなわち、天然産と養成のA群との間では頭長、軀幹長、胸鰭長、臀鰭長、腹鰭長、吻端より背鰭および臀鰭までの距離、背鰭基底長および体高などに、また天然産と養成B群との間では臀鰭基底長、肛長および吻端から腹鰭起部までの距離などを除く他の形質にそれぞれ差異が認められる。さらに養成2群の間では眼径および吻端から胸鰭起部までの距離の2形質が認められた。

つまり、これらの結果は一括すると第6表のようになる。すなわち変異の傾向としては、吻長、尾部長、背鰭高、尾鰭長、軀幹長、吻端から背鰭起部までの距離、吻端から肛門までの距離、腹鰭長、背鰭基底長および体高の諸形質は成長のよい群が大きき、眼径、吻端から胸鰭起部までの距離および頭長などの形質は成長の悪い群が大きき傾向がみられる。

む す び

当才未成魚の成長について大島(1942)は10月中旬には天然産で体長9.5~13.8 cm、養魚池では6.0~12.2 cmに成長することを報告している。本実験によると平生湾産の天然群は10月上旬に全長8.10~9.30 cmに達し、養成群では4.75~9.40 cmやはり両者間になりに開きがある。このような天然群と養成群との間の成長の相違は広い自然で、環境における順調な発育と狭小な水面におけるいろいろな不適条件にもとづく発育の遅滞によって生ずると思われるが、その

Table 6. Morphological differences and proportion between the natural and the cultured black bream, *M. macrocephalus*. (Abbreviations are as in Fig. 2 and Tables 1 and 2)

Apparent order	N>A>B			B<A>N		
Real order	N=A=B	N>B N=A A=B	N>A=B	A=A=N	B>N B=A A=N	B>A=N
Characteristics of body	AN	SL	TR	VF	PF	HL
	AB	TI	CF		ED	
		DH	AF			
		CL	PL			
			AL			
			VL			
			DB			
Proportion	Wg=lg	Wg>lg		Wg=lg	Wg>lg	

要因の一つが餌料の豊度であることは本実験における3つの対象群の比較結果から知ることができる。つまり、養成における投餌量の適否は成長に著しい影響をおよぼし、とくに餌量の不足した水面での粗放的養成法は成長の遅滞にもとづく貧弱な養成効果をもたらすようである。

さらに異なった餌量環境で生活したクロダイの外部形質の係数値の変化傾向としては、成長の良好なものは成長の悪いものに比して鰭長、尾部長、背鰭高、尾鰭長、軀幹長、吻端から背鰭起部までの距離、吻端から臀鰭起部までの距離、および頭長などの形質はいずれも小さい傾向がみられた。MARTIN(1949)は頭部は発生初期に形態形成が進む部分で、その後、環境とくに食物の供給が悪ければ体に比較して頭部の大きい成体ができることを、また加藤(1954)はフナ *Carasius auratus* で山間部の貧弱な環境に育ったものは体が細く、頭部の割合が大きいこと

を、高井と溝上(1957)はマアナゴ *Conger myriaster* で餌料の不足した環境で生活したものは軀幹および尾部が短く、頭部が長いことをそれぞれ認めたが、このような変異の傾向性についてはこのほか藤田(1926)が、ワカサギ *Hypomesus olidus* で、松井(1952)がアユ *Plecoglossus altivelis* で認めている。つまり、体形の変化は生態的環境とくに栄養による发育の遅滞または促進に関係するという HUBBS (1926) の所説や、外因としての環境は体形形成に各種の影響をおよぼすが、发育を促進する同化された栄養こそ第1義的に重要なものであるという徳田(1957)の考えと一致する。

摘 要

1. 成長度、増重倍率および餌料係数は投餌量に比例する。
2. 減耗率は投餌量に逆比例する。
3. 外部形態の変異の傾向としては、成長の良い群は悪い群に比較して眼径、吻端から胸鰭起部までの距離、頭長が短く、軀幹長、尾部長、体高、各鰭長、吻端から背鰭起部および臀鰭起部までのそれぞれの距離などが長い傾向がみられる。
4. 天然群と養成群の間で形態的差異の認められた形質は軀幹長、吻端から背鰭および臀鰭までの距離、胸鰭長、臀鰭長、および腹鰭長、背鰭基底長および体高の8形質でこれらの形質の係数平均値は前者が大きい。

文 献

- 1) 藤田 経信：1926. 移殖によるワカサギの体格に及ぼす変異。動物学雑誌, **38**(453).
- 2) Hubbs, L. C. : 1926. The structural consequence of modification of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. *Amer. Nat.* **60**.
- 3) 梶山英二・西岡庄三：1930. 鯛（ソウバ）飼育完成に就いて（附黒鯛の飼育完成に就いて）。水産研究誌, **25**(2).
- 4) 加藤竹一郎：1954. 日本産コイ科魚類にみられる定向変化について。生物科学特集号, 進化.
- 5) 神谷 尚志：1915. 館山湾に於ける浮性魚卵並に其の稚魚（第一報）。水産講習所試験報告, **11** (5).
- 6) 岸上 銀吉：1916. タヒ類の発生及成長。水産学会報, **1** (3).
- 7) Martin, W. R. : 1949. The mechanism of environmental control of body form in fishes. *Pub. Ontario Fish Res. Lab.*, **58**.
- 8) 松井 魁：1950. 環境性別及び鱗層に依る鮎の形態的特徴の差異並びに天然鮎と養殖鮎の識別に就いて。魚類学雑誌, **1** (1).
- 9) ————：1952. 日本産鰻の形態・生態並びに養成に関する研究。本報告, **2** (2).
- 10) 大島泰雄：1942. クロダヒの生態に関する二・三に就いて。日本水産学会誌, **10** (6).
- 11) 落合 明：1954. ハリコチ科魚類の近似二種間にみられる性および成長段階の形態変異について。日本水産学会誌, **19** (4).
- 12) 徳田 御稔：1957. 進化論。岩波書店 東京.
- 13) 高井 徹・溝上昭男：(未印刷). 環境の相違にもとづくマアナゴの形態変異について。日本水産学会中国・四国支部大会発表 (1957. 10).

無足類にみられる潜入および捕食について※

高 井 徹・堤 俊 夫**

Daily Periodic Movements of the Four Species of Apodal Fishes,
Particularly in Their Creeping Feeding Habits.

By

Tōru TAKAI and Toshio TSUTSUMI

The author observed the daily periodic movements of the four species of apodal fishes, *Rhynchocymba nystromi nystromi*, *Anago anago*, *Pisoödonophis zophistius* and *Gymnothorax reticularis* which had been cultured in an aquarium. The results obtained may be briefly summarized as follows:

- 1) In the day time *Rhynchocymba nystromi nystromi*, *Anago anago* and *Gymnothorax reticularis* usually creep into the sands and early in the evening get out of them, seeking for food.
- 2) Prior to its creeping into the sands, *Rhynchocymba nystromi nystromi* looks out for a spot favorable for its creeping, pouring out of its mouth some water on the spot. When it has succeeded in finding out a spot for it to creep in, its creeping begins with the tip of its tail inserting in the sands (Fig. 4).
- 3) *Pisoödonophis zophistius* looks out for a spot in the sands for it to creep in with its head put into the sands. When it has found a spot for it to creep in, its creeping begins with the tip of its tail stuck to the spot (Fig. 5).
- 4) When it has got a bait too big for it, *Pisoödonophis zophistius* tears the bait to pieces just large enough for it to bite with its mouth and a knot in its tail which it has made for the purpose (Fig. 7).
- 5) In order to culture the four species of apodal fishes, it is necessary for us to provide the aquarium with sand at its bottom to a depth of 15 cm.

ま え が き

ウナギ目魚類 *Anguillida* は夜行性^①で、潜入習性^②のあることが知られているが、これらについて詳しくしらべた記録は少ない。そこで著者等は1958年4月から1959年5月31日まで

※ 水産講習所研究業績 第278号, 1959年7月21日 受理

** (下関市立水族館)

下関市立水族館の観覧水槽に、ギンアナゴ *Rhynchocymba nystromi nystromi* (JORDAN et Snyder), ゴテンアナゴ *Anago anago* (TEMMINCK et SCHLEGEL), ホタテウミヘビ *Pisoödonophis zophistius* JORDAN et SNYDER および、アミウツボ *Gymnothorax reticularis* BLOCH の4種を放養し、これらの水槽内における生息およびそれに関連した習性について観察したので報告する。

本実験に指導いただいた水産講習所教授松井魁博士、観察に便宜と協力をいただいた下関市立水族館長向山正氏および職員各位、採集に協力を下さった下関市南泊漁業協同組合の方々にお礼申上げる。

材料および観察方法

各供試魚の採捕場所、採捕月日、尾数および全長範囲を第1表にあげた。これらの4種を長さ170 cm、幅110 cm および深さ90 cm の観覧用立体水槽に放養し、底面に長径約0.6 cm の長崎石、あるいは海岸の砂を厚さ約15 cm に敷き、さらに直径12 cm、長さ50 cm の土管、長さ30 cm 高さ15 cm および幅15 cm の岩などを設置し、主として側面から観察し記録した。なお、この水槽は6時より18時まで40 w 昼光色蛍光灯によって照射されている。

Table 1. Habitats, dates, catches and ranges of total length of sample fishes. Parenthesis show the abbreviation of each species.

Species	Habitats			Date	Number of specimen	Total length (cm)
	Localities	Depth (m)	Bottom condition			
<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i> [R. n. n.]	Hibiki-nada	30~60	Sand, sandy mud	1959. 2. 16	18	32 ~ 43
<i>Anago anago</i> [A. a.]	Hibiki-nada	30~60	Sand, sandy mud	1959. 5. 1	5	34 ~ 54
<i>Pisoödonophis zophistius</i> [P. z.]	Hibiki-nada	30~60	Sand, sandy mud	1958. 9. 30 1959. 4. 1 1959. 5. 1	3	82 ~ 90
<i>Gymnothorax reticular</i> [G. r.]	Hibiki-nada	30~60	Sand, sandy mud	1957. 8. 1	60	46 ~ 57

実験水槽内の海水の流動量は毎分およそ5L、水温は17~29°C、pHは7.4~7.6である。また、投餌は毎日17時にマサバ *Pneumatophorus japonicus japonicus*, マアザ *Trachurus japonicus* およびマイワシ *Sardinia melanosticta* などを与えた。

1) 昼間における生息状態

4種はいずれも夜行性で、夜間は活発な索餌行動(第1図)を示すが、昼間における生息状態はアミウツボと他の3種の間に多少の違いがみられる。すなわち、アミウツボは岩陰や土管内に潜むが、水槽の底層の暗部に静止しているが、内橋(1953)が近縁種ウツボ *Gymnothorax kidako* (TEMMINCK et SCHLEGEL) で認めたように時々緩慢な蛇行運動を行い、索餌行動を示すものがみられる。一方、ギンアナゴ、ゴテンアナゴおよびホタテウミヘビなどは薄明時、頭部と軀幹の一部、頭部あるいは頭部の一部を砂面に露出した状態で水底の砂中に潜入し、向

光性を示す（第2図）。そしてこの状態を日没時まで続ける。

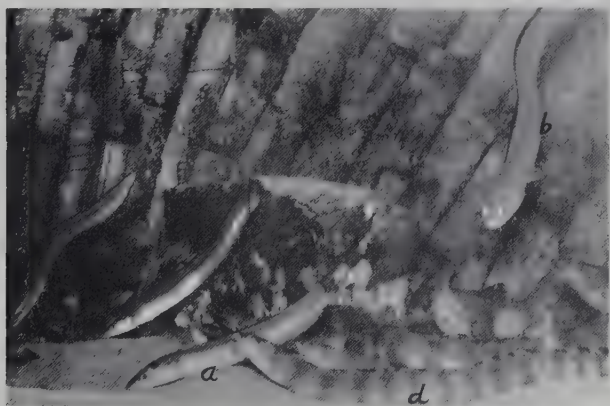


Fig. 1. Nocturnal behavior of apodal fishes. a, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; b, *Anago anago*; d, *Gymnothorax reticularis*.

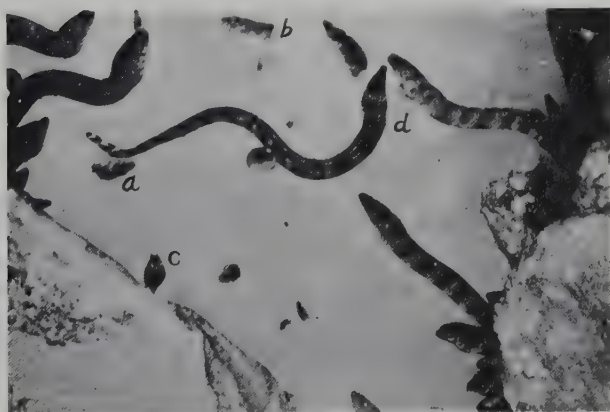


Fig. 2. Diurnal behavior of certain apodal fishes. a, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; b, *Anago anago*; c, *Pisnoddonophis zophistiis*; d, *Gymnothorax reticularis*.

2) 潜入行動

ギンアナゴ、ゴテンアナゴおよびホクテウミヘビの昼間における潜入状態、とくに砂面に露出する部分の個体差についてしらべた結果を第2表に掲げた。さらに砂中に潜入する際の行動を種類別に記載すると次の通りである。

ギンアナゴ： 頭部を砂面に対しておよそ45°の角度に向け、軀幹を上方にそらせ、尾部をくねらせながら游泳し、吻端で砂面を2、3回つつき潜入場所を撰択する（第4図1）。つい

で潜入場所が定まると吻端を砂面につけて鰓蓋をふくらませ、口中の水を強く吹きつける。この動作を2, 3回くりかえしてそこに直径およそ 3 cm のくぼみをつくり、それに尾部末端を

Table 2. The creeping states of certain apodal fishes, *Rhynchocymba nystromi nystromi*, *Anago anago* and *Pisoðdonophis zophistius*. Numerals represent rate of appearance.

Exposed portion	Species	Time (O'clock)	4	6	9	11	13	16	18	19	21
Tip of snout	<i>R. n. n.</i>		—	31.5	38.6	42.5	38.6	33.2	25.1	12.5	43.4
	<i>A. a.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—
	<i>P. z.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Snout	<i>R. n. n.</i>		88.6	47.4	25.1	19.1	33.9	27.4	23.9	25.3	—
	<i>A. a.</i>		—	66.6	—	—	25.0	70.0	25.0	—	—
	<i>P. z.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Eye (from tip of snout to posterior edge of eye)	<i>R. n. n.</i>		—	17.9	18.1	22.5	17.8	16.2	21.5	9.3	—
	<i>A. a.</i>		—	—	50.0	50.0	—	—	25.0	—	—
	<i>P. z.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Head	<i>R. n. n.</i>		5.6	3.2	14.2	12.0	5.5	14.6	17.3	48.5	21.3
	<i>A. a.</i>		—	33.3	50.0	50.0	50.0	—	—	70.0	—
	<i>P. z.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—
Head and trunk	<i>R. n. n.</i>		5.6	—	3.8	3.8	3.9	7.1	1.8	4.1	21.3
	<i>A. a.</i>		—	—	—	—	25.0	30.0	50.0	30.0	—
	<i>P. z.</i>		—	—	—	—	—	—	—	—	—

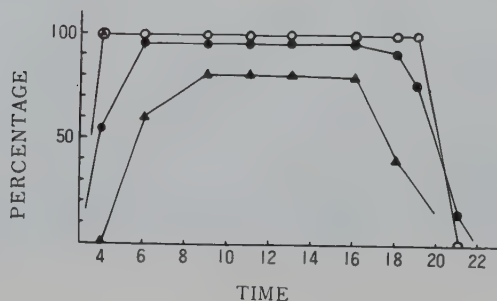


Fig. 3. The creeping time and rate of creeping individuals on total ones of certain apodal fishes. ●, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; ▲, *Anago anago*; ○, *Pisoðdonophis zophistius*.

さしこみ(第4図2), 体を蛇行させながら砂中に潜入しはじめる。そして一度体の全部を砂中に埋めてから、適当な部位までもぐり出るようにして砂上に体の前部を出すものと、適当な部位までもぐると静止し潜入行動を中止するものとがみられる。なお、潜入するときの角度は砂面に対しておよそ40~50°, 潜入に要する時間は6~10秒である。

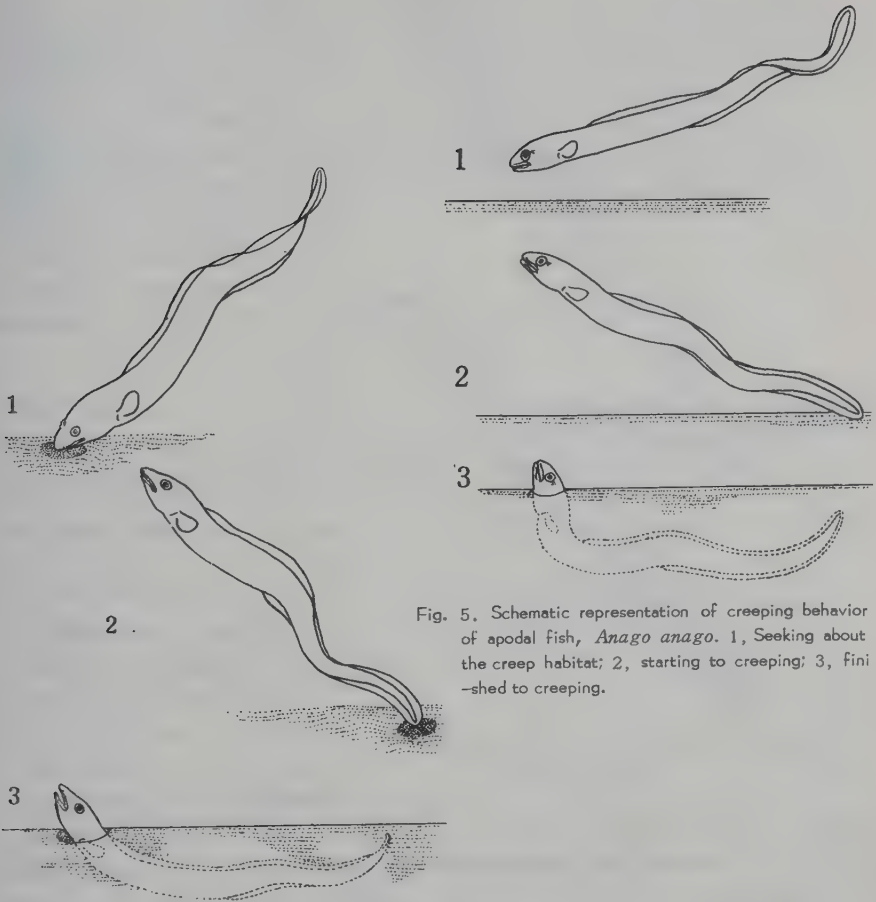


Fig. 5. Schematic representation of creeping behavior of apodal fish, *Anago anago*. 1, Seeking about the creep habitat; 2, starting to creep; 3, finished to creep.

Fig. 4. Schematic representation of creep behavior of apodal fish, *Rhynchocymba nystromi nystromi*. 1, Depress the sandy bottom by breathing out with water; 2, starting to creep (put the caudal into hollow); 3, finished to creeping.

ゴテンアナゴ： 第5図のように、まず体を砂面に対しておよそ 30° の角度に保ち、尾部を蛇行させながら潜入場所を撰択するが、頭部を砂中につっこんだり、または口中の水をふきつけたりしない。そして潜入場所が定まるとただちに尾部をはこび、およそ $30\sim40^\circ$ の角度でもぐりはじめる。潜入開始後の行動および潜入に要する時間はギンアナゴのそれぞれと同じである。

ホタテウミヘビ： 第6図のように、まず体を砂面に対して $45\sim50^\circ$ の角度に保ちながら游泳し、数回砂中に頭部をつっこんで潜入場所を撰択する。潜入場所を探しあてるとただちに体

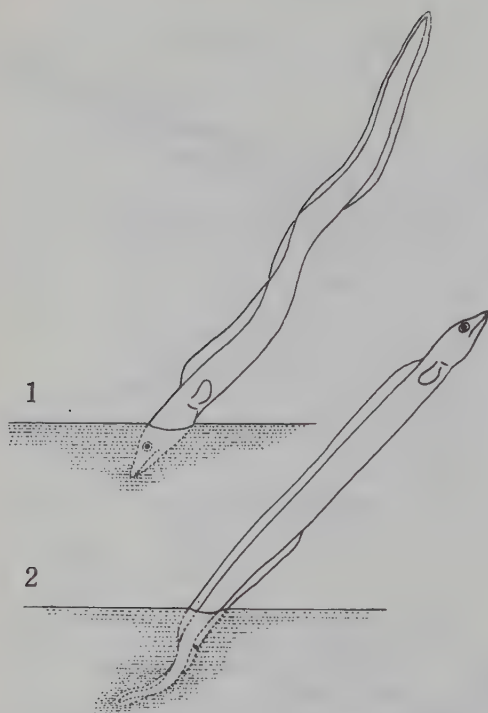


Fig. 6. Schematic representation of creeping behavior of apodal fish, *Pisoödonophis zophistius*.

の距離にある餌に対しては捕食行動を起さなかった。したがって砂より抜け出して摂餌することはない。ギンアナゴは前2者とほぼ同じような捕食行動を示したが、なかには完全に砂から抜け出して捕食するものがみられた。

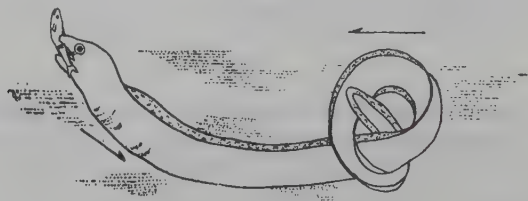


Fig. 7. Singular feeding behavior of apodal fish, *Gymnothorax reticularis*. Special attentions on bending of tail. Arrows indicate the direction of body bending.

を上述の行動によってできたくぼみに尾部末端をさしこんで、もぐりはじめる。この際に、胸鰭は体側にぴったりつけ、徐々に潜入する。そして潜入行動中、砂にまだ没しない体の部分はあまり動かず、蛇行運動はまったくみられない。またまだ砂に没しない背鰭はよくひろげている。したがって潜入運動はおもに砂中に埋っている部分によって行われるようである。潜入に要する時間は比較的長く、15~95秒である。

3) 捕食行動

昼間(17時)投餌したばあいの捕食行動について観察した結果は次の通りである。

ゴテンアナゴおよびホタテウミヘビの捕食行動は非常に消極的で、きわめて近距離に現われた餌に対してのみ砂中から体をのり出すようにして捕食するが、摂餌すると再び潜入行動をはじめ、まえの位置に復する。実験範囲内ではおよそ体の半分以上

一方、アマウツボは前3者に比して捕食行動が積極的で、投餌に対する動作は夜間行ったばかりとあまり差がない。さらに本種は口の大きさに対して比較的大きな餌を与えたばかり者と捕食動作に非常に違った点がみられる。すなわち、口の大きさに対して適当な大きさの餌を与えたばかりは4種いずれも口にくわえ、そのまま吞みこむが、そのまま吞みこめないような大きい餌を与えると、アマウツボはこれを口にくわえ、第7図のように尾部に結び目をつくり、尾部を著しく前方に曲げ（同時に頭部も後方に曲げる）、餌を口とこの結び目で適当な大きさに切断して吞みこむ。他の3種はいずれも口にくわえ、後進しながら頭部を強く左右に振って餌をちぎるようにして捕食する。

あ と が き

潜入習性の強いギンアナゴ、ゴテンアナゴおよびホタテウミヘビの3種は、とくに底質との関係が密接であって、その適否が生死に影響することは飼育中の捕食行動および減耗率（第3表）から明らかである。これは不適環境に放養すると逃避行動を続けることによって感覚およ

Table 3. Feeding activity and rate of dead individuals of certain apodal fishes under various conditions.

Species	Bottom condition	Sand			Gravel Nagasaki stone		
	Items	Eating	Rearing days	Decreasing rate	Eating	Rearing days	Decreasing rate
<i>R. n. n</i>		Active	105	50%	none	3—20	100%
<i>A. a</i>		Active	31	60%	?	?	?
<i>P. z</i>		Active	240	0	none	90	0
<i>G. r</i>		Active	660	10%	Active	660	0

び運動器官として非常に重要な部分である尾部末端部に擦過傷を生じ、ためにしだいに捕食力が低下し、ついには斃死することに起因しているようである。野外においてもこれらの魚の漁場が通常 30cm 以深の砂および砂泥底で、比較的の生息範囲がはっきりしていることは習性と環境のかなり強いむすびつきのあることを推察することができる。

文 献

- 1) 井伊 明他：1952. 魚類の夜間行動に関する研究 (1). 日本海区水産研究所創立三周年記念論文集。
- 2) 檜山 義夫：1947. 魚類実験生態論。鳳文書林、東京。
- 3) 菊池 健三：1948. 動物の行動。生物学集書、7、河出書房、東京。
- 4) 松原喜代松：1932. 魚とその生活。興亜日本社、東京。
- 5) ————：1955. 魚類の形態と検索。I、石崎書店、東京。
- 6) 内橋 潔：1953. 脳髓の形態より見た日本産硬骨魚類の生態学的研究。日本海区水産研究所研究報告、2。
- 7) 高井 徹：1959. 日本産重要無足類の形態・生態ならびに増殖に関する研究。本報告、8 (3)。印刷中。

アサクサノリの施肥に関する研究 - I.

主として無機態窒素の吸収について※

武 居 薫・宮 沢 正

Studies on the Fertilization of Cultured Lavers—I.
Particularly on Their Inorganic Nitrogen Absorption.

By

KAORU TAKESUE and Akira MIYAZAWA

In our previous report we demonstrated the relationship between the quality of lavers and their nutrients which are dissolved in the sea. We have lately found out that the ratio of nitrogen to phosphor which lavers contain, or N/P has much to do with their quality. In our recent field survey the optimum N/P has been found to be about 7 : 1. Previous to the field survey, we made in the laboratory an experiment on the optimum N/P of lavers centering around the amount of nitrogen to be absorbed, using various types of nitrogen source, various conditions including water temperature, light intensity and salinity having been taken into consideration.

The results obtained may be summarized as follows:

- 1) When ammonium-N, nitrate-N and nitrous-N are added separately to lavers, there is little or no difference in the amount of nitrogen absorbed. The higher the concentration of nitrogen is or the longer the drying time of lavers is, the larger is the amount of nitrogen absorbed,
- 2) When the mixture of nitrate-N and ammonium-N is added to lavers, the latter is better absorbed in the culture at first but then the former comes to be absorbed as well till the two become equal in the amount of being absorbed by lavers. The mixture of the two of nitrogen sources absorbed by lavers is nearly the same in amount per hour as the two different nitrogen sources when (they are) separately added to lavers.
- 3) As to the effect of light intensity on the amount of nitrogen absorbed, the higher the intensity is, the larger is the amount. But when we are reminded of the fact that lavers can absorb nitrogen even under the intensity of 0 Lux, there seems to be no relation whatever between their absorption and light intensity.
- 4) How about the effect of culture temperature on the amount of nitrogen to be

※ 水産講習所研究業績 第279号, 1959年7月21日 受理

absorbed? Well, lavers can absorb nitrogen at a temperature either higher or lower ($25^{\circ}\text{C}-5^{\circ}\text{C}$) than their growth-limit one, and we can safely say that temperature has little or nothing to do with lavers absorbing nitrogen.

5) Lavers absorb no phosphor till they have decreased their absorption of nitrogen.

アサクサノリの生育にとって制限因子になり易い窒素と燐の適切な比を求めることは、近年盛んに行われているノリ漁場での施肥方法の合理化、健全な生育の維持、品質向上、ならびに、生産増強等に重要な問題である。

著者等は、先に野外の観測で、ノリ漁場の水質とノリ製品との関係をしらべた結果でも、窒素と燐の比がノリ品質を左右する要因の一つで、最適の窒素と燐の比は7~10であると報告した⁸⁾。

そこで本文では、アサクサノリを室内培養し、種々の条件での最適窒素-燐比を決定するために、先づ、施肥窒素の形態を吟味し、水温、照度、干出時間等がこれら窒素の吸収量に及ぼす影響について基礎実験を行い、更に燐が窒素吸収に及ぼす影響を室内実験で確かめたので報告する。

本文を草するにあたり本研究に多大の便宜を与えられた大分県中津市役所小川技師及び辛島孝昇氏ならびに中津浦漁協の各位に対し感謝の意を表する。

実験方法ならびに材料

培養液：約一年間貯蔵した濾過海水に、第1表に示した割合で、種々の無機物質を添加したものを基液とし、実験に応じて窒素や燐を添加した。

Table 1. The chemical composition of the standard medium for cultured lavers.

Element	ppm	Substance
Ca	3.0	$\text{Ca C}_2 \text{ 6H}_2\text{O}$
Mn	0.01	$\text{MnCl}_2 \text{ 4H}_2\text{O}$
Fe	0.5	$\text{Fe Cl}_3 \text{ 6H}_2\text{O}$
HCO	100	Na HCO_3
Reserved sea water	1000cc	Reserved for a year
$\text{NH}_4\text{-N}$	2.0, 5.0, 10.0	NH_4Cl
$\text{NO}_3\text{-N}$	2.0, 5.0, 10.0	KNO_3
$\text{NO}_2\text{-N}$	2.0, 5.0, 10.0	NaNO_2
$\text{PO}_4\text{-P}$	0.5	KH_2PO_4

容器：側面すべて白紙で覆った直経20cm 容量3ℓの円形バットを用い、液量は2ℓとした。

光と温度：バットの水面に照射される照度は3,000 Lux とし、光源は、最も天然光に近い波長を持つ東芝製真天然白色 40 W 蛍光ランプを用い、バットの中心が光源から 20 cm の距離にくるよう懸垂した。ノリの生育温は 15°C 辺りを限度とするが、蛍光ランプによって実験中幾分水温が上昇するので実験開始時の水温は 8°C とし 15°C 内に留めた。

培養および分析方法：山口県吉見地先で採れるアサクサノリを、実験の都度干出直前に採取し葉面の水分を可及的に除去し実験によって5—15gを供試した。

培養中は15分毎に攪拌し、一定時間毎に採水定量した。栄養塩の分析はすべて海洋観測指針(1956)のにより、PH測定は東洋電子製ガラス電極 PH メーターを使用した。ノリ葉体の栄養塩吸収量は、減量を試料の乾量で除した値で表わした。

実 験 の 部

1. 窒素化合物単独添加による窒素の吸収試験

窒素肥料として主に使用されているもののうち、無機窒素としては $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ であるが、これらがすべて同様に吸収されるものかどうかを知るため、磷は添加しないでこれら3者を別々に、窒素源としては種々の濃度で添加したときの吸収量の比較を、干出時間を異にした材料について行った。現在業者の行っている葉面撒布法では可成り高濃度のものを与えており、藻の干出が大体4時間程度であるので、添加濃度は各態とも、2.0、5.0、10.0 ppm とし、材料に与える干出は、0、2、4時間とし培養時間は4時間である。結果は、第2、3、4表に示した。窒素源としてこれら3者の間には、同一添加濃度であれば吸収量に

Table 2. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding ammonium-N as nitrogen source for the lavers which various drying time give.

Drying-time (hrs.) Added concentration (ppm)	Immediately			2			4		
	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Cultured time (hrs.)	Dry matter weight (mg)								
1	970	2180	3410	1220	2900	4130	1560	3200	4500
2	1540	3100	4620	2050	3600	5390	2400	4400	5800
3	2070	3500	5280	2660	3980	5940	3200	5040	6680
4	2350	3820	5600	3050	4240	6320	3600	5520	7210

Table 3. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding nitrate-N as nitrogen source for the lavers which various drying time give.

Drying-time (hrs.) Added concentration (ppm)	Immediately			2			4		
	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Cultured time (hrs.)	Dry matter weight (mg)								
1	950	2100	3370	1200	2950	4200	1620	3000	4600
2	1480	3150	4590	2000	3530	5420	2500	4100	6000
3	2000	3440	5200	2500	3880	6000	3000	4980	6000
4	2280	3800	5560	3100	4200	6400	3500	5600	7140

大差は見られないが、材料の干出時間の長短および添加濃度の大小は吸収量に可成り影響するようである。即ち2.0 ppm 添加区を例にとると、干出0時間の材料では、培1時間で1.0 mg、2時間で1.5—2.0 mg、4時間で2.0—2.5 mg 程度の吸収量を示すものが干出2時間の材料で

Table 4. The amount of nitrogen absorbed in the case of adding Nitrous-N as nitrogen source for the levers which various drying time give.

Drying-time (hrs.)	Immediately			2			4		
Added concentration (ppm)	2.0	5.0	10.0	22.0	5.0	10.0	2.0	5.0	10.0
Cultured time (hrs.)	Dry matter weight (mg)								
1	900	2010	3300	1090	2800	3900	1400	3010	4200
2	1300	2800	4400	1820	3300	5110	2310	4150	5500
3	1820	3200	5000	2460	3810	5670	3000	4800	6430
4	2100	3520	5380	2840	4100	6020	3400	5290	6990

は、それぞれ 1.0—1.5 mg, 1.5—2.0 mg, 2.5—3.0 mg となり、干出 4 時間の材料だと、それぞれ 1.5 mg, 2.0—2.5 mg, 3.0—3.5 mg と、干出を長く与えるほど吸収量は増加する。添加濃度も著しく吸収量に影響し、干出 0 時間の材料で、2.0 ppm 添加区で 1 時間に 1.0 mg 吸収するものが 5.0 ppm 添加区では 2.3 mg となり、10 ppm 添加区になると 3.5—4.0 mg と増加する。従って高濃度ほどよく吸収することがわかるが、極めて高濃度の場合は薬害も考慮しなくてはならない。しかし本実験の範囲内では何んら害の反応は見られない。

ノリ葉体に窒素肥料を施す場合の最適濃度は決め難いが、干出直後に施肥することは避け、出来るだけ干出させたのち、濃いめに施肥することが望ましい。窒素肥料としては、どの形態のものでも支障ないが、実際には、各漁場の水質の窒素組成を考慮し、漁場に適応した形態の窒素を施すのがよい。

2. 窒素化合物混合添加による窒素の吸収試験

海水中に溶存する窒素形態には、種々あるが、ノリ養殖初期には主に $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が著しく中期以降は $\text{NO}_3\text{-N}$ がこれに代る現象は、内湾漁場ではよく経験する。注入河川の窒素組成が時期的に遷ることも事実であるが、かかる現象はノリの幼期と成期で吸収される窒素形態が異なるのか、或いは $\text{NH}_4\text{-N}$ が選択的に吸収されるために生ずるのか明らかでない。しかしここでは選択性の有無を知るため両者を 5.0 ppm 宛混合して添加し、単独添加の結果と比較した。結果は第 1 図に示した通りである。

即ち混合添加した場合、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の方は、単独添加の時と同型の吸収曲線を描くが、 $\text{NO}_3\text{-N}$ の方は、

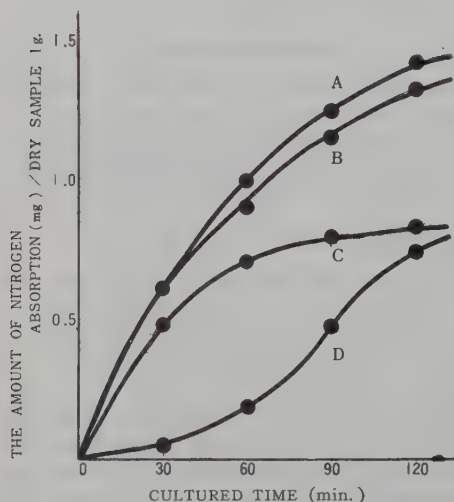


Fig. 1. Comparison with the amount of nitrogen absorption in the case of the addition of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ independently and in their mixture, for curves A and B were the amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ absorption in the case of the addition independently, C and D were each amount of NH_4 and NO_3 absorption of the mixture.

単独添加のそれとは著しく異なり、しかも $\text{NH}_4\text{-N}$ に比べて培養初期の吸収速度が極めて小さいことから、混合添加すると $\text{NH}_4\text{-N}$ が撰択的に摂取されるようである。しかし $\text{NO}_3\text{-N}$ も時間経過とともに両者の差を縮め遂には等しくなってくる。両者の吸収量の和は、同一時間内では単独添加のものと殆んど同値である。従って混合した場合も、窒素形態に関係なく、必要量の窒素を吸収するようである。最近、窒素肥料として尿素を樹脂加工したものが市販されているが⁹⁾、直接葉体に吸収されるものではなく、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 化および $\text{NO}_3\text{-N}$ 化してはじめて吸収されるようであるから $\text{NH}_4\text{-N} : \text{NO}_3\text{-N}$ を色々変えて、吸収曲線を検討すべきである。

3. 照度が窒素吸収に及ぼす影響

光合成を行うノリが光に対して種々の反応を示すことは勿論である。ノリの最適照度については多くの研究があるが、まだ確かではない。岩崎・松平 (1958)¹⁾ は 25,000 Lux, 木下・寺本 (1958)²⁾ は 6,000 Lux とし、佐野 (1955)⁴⁾ は照度の限界は示さないが高照度での紫外線の害を示唆している。これらは、それぞれノリの生育、成長、色沢などについての最適照度を示しているのであるが、いずれにせよ可成り高照度を必要とするものである。ノリの品質は、ほぼ製品の窒素の含有量によって決まり、5%以上を良質とし3%以下では色沢は極めて低下する。既往の研究では、照度と色沢、照度と生長、色沢と製品中の窒素含有量の関係が明らかに

Table 5. Light source and the experimental light intensity.

Light source	Sun light	Artificial light (using TOSHIBA fluorescence lamp)			None
Light intensity (Lux)	20,000	3,000	2,000	1,000	0

されているが、照度と養分吸収量の関係については皆無である。著者等は、この関係を知るために第5表に示した実験区について、種々の照度における吸収量および培養中の pH の変化を検べた。添加した窒素源は $\text{NH}_4\text{-N}$ として 5 ppm 磷酸源としては $\text{PO}_4\text{-P}$ として 0.5 ppm である。

結果は第2、3図および第6表に示した。即ち照度は大きい程、吸収量も増大するが、0 Lux でも可成り吸収され 20,000 Lux でも前者の3—3.5倍程度である。1,000—3,000 Lux では吸収量に差が認められない。従って夜間でも昼間でも吸収量に左程の開きはなく、光合成とは無関係のようである。ただ窒素と磷では、培養初期の吸収速度は前者が極めて大きく、後者は全くその逆である。照度による吸収曲線の型は、両者で可成り異っている。窒素と磷の吸収量の比は前者が後者の約10倍であった。吸収速度も前者が大であるが、低

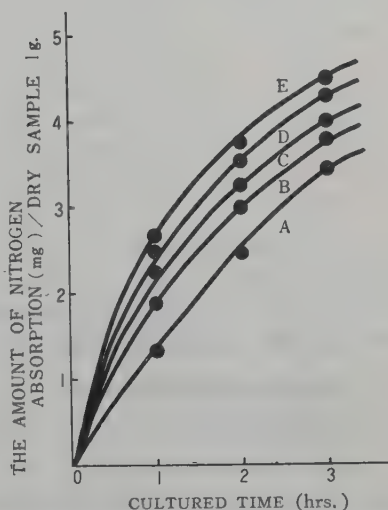


Fig. 2. The amount of $\text{NH}_4\text{-N}$ absorption under the various light intensity, and for curves A, B, C, D and E were 0, 1,000, 2,000, 3,000 and 20,000 lux, respectively.

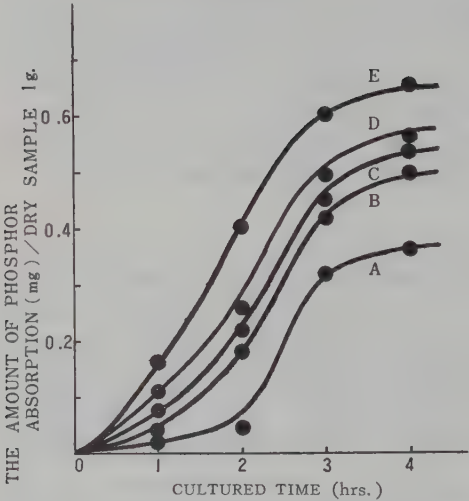


Fig. 3. The amount of $\text{PO}_4\text{-P}$ absorption under the various light intensity, and for curves A, B, C, D and E were 0, 1,000, 2,000, 3,000 and 20,000 Lux respectively.

Table 6. The changes of pH (at 20°C) of the medium at various light intensity.

Light intensity (Lux)	20,000		3,000		2,000		1,000		0	
	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH	W. T.	pH
Cultured time (hrs.)										
0	8.4	8.20	11.7	8.20	11.8	8.20	11.6	8.20	11.6	8.20
1	13.0	8.70	13.2	8.49	12.6	8.42	11.8	8.30	—	8.20
2	15.2	8.80	14.1	8.70	13.4	8.63	12.5	8.38	—	8.15
3	16.4	8.90	15.0	8.85	14.2	8.82	12.9	8.46	—	8.10
4	17.6	9.00	15.7	9.00	15.0	8.90	13.5	8.50	—	8.00
5	18.8	9.00	16.5	9.00	15.8	9.00	14.0	8.56	—	7.95
6	20.0	9.00	17.3	9.00	16.6	9.00	14.6	9.00	11.8	7.90

温15°Cで8.8⁵⁾であることから実測値はほぼ理論値に等しく、炭素源としては主として遊離の炭酸ガスが摂取され重炭酸塩は摂取されても極くわずかと考えられる。

4. 水温が窒素吸収に及ぼす影響

ノリの発育成長を水温が15°C附近に低下した頃から始まり、8—5°Cが盛期で、成長速度も速く、良質の製品が得られることから、5—8°Cが成長適温とされている。15°C以上になると成長は阻害され、生理的障害が起り易くなり、5°C以下では成長速度が急激に衰えてくる。ノリ養殖と水温とは、直接・間接に重要な関係を有するものである。著者等は、水温が栄養塩吸収に及ぼす影響を識るため生育の限界点である5°Cから25°Cまで5°C毎に試験区をとり、人工光線を用いず、直射日光を避けた自然光(800 Lux)の下で培養した。窒素源としては $\text{NH}_4\text{-N}$

5 ppm, 磷酸源として $\text{PO}_4\text{--P}$ 0.5 ppm をそれぞれ培養基液に添加した。

結果は第4, 5図および pH の変化を第7表に示した。即ち $\text{NH}_4\text{--N}$, $\text{PO}_4\text{--P}$ の吸収は, 高水温ほど増大する傾向が認められるが, 前者では, 温度差による吸収量の開きが小さく, 後者では可成り水温の高低が吸収量に影響するようである。pH の変化は, 照度の場合ほどの上昇は見られないが, 高温のものほど低温の試験区に比べて, pH の上昇は大きく, 20°C と 25°C の試験区では pH の変化が全く等しい。野外の養殖では, 15°C が生死の限界点とされているが, 短期間の室内培養では, 木下・寺本 (1958)²⁾ は 15°C が成長には最適であるとし, 佐野 (1955)⁴⁾ は 16°C で水溶性色素の増加が大ききことを指摘している。本実験でも $20\text{--}25^\circ\text{C}$ の高温で異常は認められず, 栄養吸

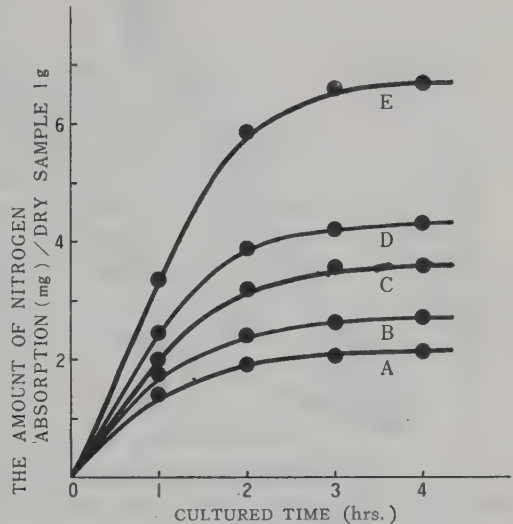


Fig. 4. The effect of water temperature on the amount of $\text{NH}_4\text{--N}$ absorption, and for curves A, B, C, D and E were 5, 10, 15, 20 and 25°C , respectively.

Table 7. The changes of pH (at 20°C) of the medium at various water temperature.

Water temp. ($^\circ\text{C}$)	5	10	15	20	25
Cultured time (hrs.)					
0	6.95	6.92	6.92	6.92	6.92
1	7.48	7.62	7.62	7.68	7.68
2	7.60	7.73	7.72	7.73	7.73
3	7.73	7.78	7.73	7.78	7.78

収も行われるが, これ以上の温度では, 20°C の場合と 25°C では殆んど吸収量は等しいこと, および pH の変化も等しいことなどから, 不適当と考えられ, 低温ほど吸収量と培養時間の比例関係が長く保たれたことから, 最大吸収量を示す温度をもって適温とするよりも, むしろ両者が長く直線関係を保つ温度を適温とするのが妥当かも知れない。この点からすれば, $\text{NH}_4\text{--N}$ では $5\text{--}10^\circ\text{C}$ の範囲が適温と見做され, 一般に云われている適温と一致するが, $\text{PO}_4\text{--P}$ の吸収曲線からすれば, 25°C でもなお直線関係が保たれているので栄養吸収の適温と生育適温とは別なものようである。

5. 燐添加が窒素吸収に及ぼす影響

ノリ生育に最適な N:P 比が, 野外では $7\text{--}10$ であることは前報⁹⁾で指摘したが, 室内で培養する場合, 燐が全く存在しなくても窒素の吸収は可成り行われる (第2, 3, 4表)。しかしこの場合窒素の吸収曲線は短時間内では, 培養時間と吸収量が直線関係を保つが, 或る時間

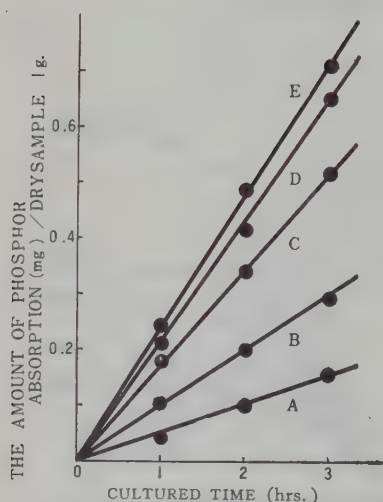


Fig. 5. The effect of water temperature on the amount of $\text{PO}_4\text{-P}$ absorption, and for curves A, B, C, D and E was 5, 10, 15, 20, and 25°C respectively.

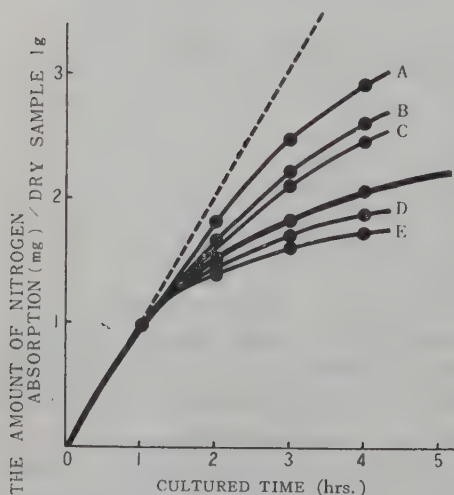


Fig. 6. The effect of the addition of phosphor on the amount of nitrogen absorption. Varying concentrations of inorganic phosphate were added at 1 hr. The curve of nitrogen absorption, after the addition of phosphate is given in the graph, and for curves A, B, C, D and E were the rate of phosphate added for nitrogen remained, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, 1 and 2 respectively.

を境として吸収速度が急激に減退しても吸収量は殆んど増加しなくなる。栄養塩が残存している限り吸収は行われそうである。かかる現象が何に起因しているかを知るため、色々と実験してみたところ、窒素の吸収は、或種の物質の協働作用によって、より多く吸収することが解った。即ち窒素の吸収が急激に減退する点（変曲点と呼ぶ）で、残余の窒素に対して、ある場合磷を添加すると、再び窒素吸収が活潑に行なわれることである。そこで著者等は、最初培養液に磷を全く添加せず窒素のみを $\text{NH}_4\text{-N}$ として 5 ppm 添加し（培養液 2 l に材料 2 g 培養）数回の予備実験で、変曲線に到達する迄の時間を定めた。これを基として培養実験し、変曲点に到ると同時に、残余の窒素に対して $\text{PO}_4\text{-P}$ を $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{5}$, 1, 2 倍

添加し、以後の吸収曲線を作成した。結果は第 6 図に示す通りである。即ち

$\frac{1}{10}$ 倍量の磷添加を行うと、ほぼ直線関係が維持されるが $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{5}$,

1, 2 倍の順に効果が減ずる、特に残余の窒素に対して等量乃至は 2 倍量の磷を添加したものでは、全く磷を添加しない時の窒素吸収よりも悪く、負の結果を得た。窒素吸収を正常に保つためには、少なくとも窒素に対して $\frac{1}{10}$ 倍量の磷が存在すること

が望ましい。野外で得られた最適 N:P 比とはほぼ一致した結果が得られたわけであるが、培養当初から磷

を窒素と共にその $\frac{1}{10}$ 量添加すると第 2, 4 図に示されている吸収曲線となり、磷を全く添加しない場合と、全く同型の曲線を画くことから、最初から添加しないで、変曲点で添加

するときのみ、かような磷効果が得られることについては、更に今後追求したい。

結 論

アサクサノリを室内培養し、種々の条件での最適 N:P 比を決めるため、予備実験として、特に窒素施肥について色々と窒素の吸収量を検討した。

1) 窒素源として単独で、それぞれ $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ を 2.0, 5.0, 10.0 ppm の割合に添加した結果、窒素形態による吸収量の差は認められなかった。

2) 添加濃度を増せば、吸収量も増大し、干出を長く与えた試料ほど吸収量が大であった。この結果、ノリ葉体の窒素吸収量は決め難いが、施肥方法について 2, 3 の知見を述べた。

3) 窒素源として $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の 2 種を等量宛混合して添加すると、培養初期では、主として $\text{NH}_4\text{-N}$ が吸収されるが時間経過とともに $\text{NO}_3\text{-N}$ も吸収され、遂には両者の吸収量は等しくなる。各時間毎の $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量の和は 1) の単独添加のそれと、ほぼ一致する。

4) 培養照度については、照度の強いものほど吸収量も大であるが 0 Lux でも可成り吸収することから、吸収と光合成とは、大した関係はないようである。

5) 照度の強いものほど、培養中の pH は大きく上昇するが、或る pH 値に達すると、養分が残存していても、吸収されなくなることからアサクサノリが利用し得る炭素源について論じた。

6) 水温の影響については、温度が高いものほどよく吸収するが低温でも可成り吸収するので、栄養分吸収には水温は左程問題にはならない。

7) ノリの生育に最適 N:P 比は野外では 7—10 であるが、培養する場合、この比率で、最初から添加しても窒素の吸収に効果的ではない。窒素を単独で添加し、吸収速度が著しく減退する時期（変曲点）に、残余の窒素に対して磷を $\frac{1}{10}$ 量添加すると、再び窒素の吸収速度は復元する。

文 献

- 1) 岩崎英雄・松平近義：1958. アサクサノリの培養—I. 培養条件に関する予備実験. 日水誌, **24** (5), 398—401.
- 2) 木下祝郎・寺本寛一郎：1958. アサクサノリの生長に対する光及び水温の影響. 日水誌, **24** (5).
- 3) 日本海洋学会：1956. 海洋観測指針.
- 4) 佐野 孝：1955. 養殖海苔の色沢変化に関する研究 II. 脂溶性色素及び水溶性色素の変化について. 東北水研報告, (5) 64—78.
- 5) 猿橋 勝子：1955. 天然水中の物質代謝の研究 (第 2 報), 水中の炭酸物質の平衡濃度比について. 日水誌, **76** (11), 1294—1308.
- 6) 里見至弘：1959. 植物プランクトンの繁殖に適切な窒素と磷の比 (N—P 比) とアルカリ度との関係. 淡水研報告, **8** (2), 21—39.
- 7) 武居 薫：1956. ノリ漁場水質調査. 大分県水試高田分場事業報告, 10—19.
- 8) ————：寺田和夫・宮沢正：1958. ノリ製品の良否を左右する 2・3 の栄養素の相対比について. 水産増殖, **6** (2), 19—25.
- 9) 東洋高圧株式会社：1958. スーパー窒素の性質と肥効.

頁 Page	行・図・表 Line・Figure・Table	誤 Error	正 Correction
270	上から 5, 7, 22, 33	稀れ	稀
274	下から 2	ホンニベ, タチウオ, イサゴガン ギエイについて 5%	ホンニベについて 7.5%
275	上から 1	286 および 277区	277区 および 288区
275	上から 1	7.4, 7.2	7.2, 6.7
286	上から 1	1952年	1956年
291	Fig. 127	C cinereus	M. cinereus
295	Fig. 129	circle	Circle
297	Table 227	elver	Elver
302	Table 230	May 25 ~ May 24 June 5 ~ June 4	May 15 ~ May 24 May 25 ~ June 4
306	Fig. 135	○—● ●—○	○—○ ●—●
310	Fig. 138	SUONADA	SUO-NADA
310	上から 16	(第138図)	(第139図)
310	下から 9	第138表	第238表
315	Fig. 146	-MULTIPLICATION	-MULTIPLICATING
315	上から 3	0.1~0.58	0.10~0.58
315	上から 5	餌料係数は	餌料の効率は
316	上から 1	第 8・4 期	第 3・4 期
316	上から 2	第 8 期	第 3 期
317	Fig. 148	-MULTIPLICATION	-MULTIPLICATING
318	Fig. 150	C. myri	C. myri-
318	上から 3	実験 2	実験Ⅱ
318	上から 21	実験 3	実験Ⅲ
319	上から 2	に比例し, 餌料係数・	・餌料係数に比例し,
322	上から 2	(第249表)	(第248表)
323	上から 1	第248表	第249表
324	上から 7	第250表	第251表
324	下から 3	第253表	第252表
325	Table 253	Decreasing rate 0.08 0.07	Weight-decreasing rate 7.74 6.69
327	Table 256	Decreasing rate 0.26 0.10	Weight-decreasing rate 25.70 19.63
327	Table 256	Averag body weight	Average body weight
327	Table 257	Decreasing rate 0.075 0.070	Weight-decreasing rate 7.56 8.07
338	下から 14	1941:	1942:
348	Line 18	weight-multi	weight-multi-
348	Line 33	food-quotient	food-quantity

日本産重要ウナギ目魚類の形態、生態および増殖に関する研究

正 誤 表 (Errata)

頁 Page	行・図・表 Line・Figure・Table	誤 Error	正 Correction
6	下から 7, 8, 9	272	273
9	下から 11	272	273
14	Fig. 2	Postanal mvotomes	Postanal myotomes
23	Fig. 4	E; H; K	E', H', K',
35	Table 23	E' F' G' E'	E' F' G' H'
42	Fig. 13	O, S,	o, s,
43	Table 27, Line 3	0.003 0.09 0.04	0.03 0.09 0.03
44	Table 14	A, Tail	A, tail
48	下から 20	0.04	0.03
50	Table 30, Last	0.06 0.06 2.66	0.16 0.06 2.66
50	Table 32, Line 3	0.17 0.04 6.25	0.17 0.04 4.25
55	Table 38	Tl tail	Tl, tail
64	上から 9	稀 ^レ	稀
88	Fig. 31	ORANIUM P,	CRANIUM p,
144	Table 134, Items	vertebrae	vertebrae
188	上から 6	稀 ^レ	稀
190	Table 149	ovulated Ovulation	spent Spent
192	Fig. 75	JAN	JAN.
192	下から 8	第77図	第76図
192	下から 3	第76表	第76図
193	Fig. 76	Jan Feb Mar	Jan. Feb. Mar.
194	下から 2	第 7 図	第77図
198	Fig. 80	(	●
198	下から 9, 10	雌魚, 雄魚,	雌, 雄,
208	上から 1	第90図	第89図
213, 214, 221, 222	Table 163, 164, 174, and 175.	Abbreviations are same as in Fig. 93.	For abbreviations, see Fig. 93 and p. 213.
221	上から 7	88.2%	89.2%
221	下から 8	(1941)	(1942)
224	上から 2	第95図	第94図
232	Table 185	IV four	IV, four
233	上から 1	混 成 率	混 食 率
233	下から 4	第188表	第187表
236	上から 6	Metapenaeopsis	Metapenaeopsis
237	Fig. 96	sb	sd
247	下から 12	EIGENMAN	EIGENMANN
247	下から 15	prelarval	prelarva
251	下から 18	GRASS	GRASSI
253	Fig. 113	in apodal fishes	apodal fishes in
260	上から 4	稀 ^レ	稀
264	Fig. 119	sand; sand	sand; ssh, sand
264	下から 1	第119図	第120図
267	下から 8	第209表	第206表

日本産重要ウナギ目魚類の形態、生態
および増殖に関する研究※

高 井 徹

Studies on the Morphology, Ecology and Culture of the Important
Apodid Fishes, *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) and
Conger myriaster (BREVOORT)

by

Tōru TAKAI

(With 14 Plates and 153 Text-figures)

目 次

謝 辞	10
序言および研究史	11
第一篇 形態に関する研究	13
第一章 仔魚および稚魚	13
I. ま え が き	13
II. 実験の材料および方法	13
III. 実 験 結 果	15
1. 体の各部の長さの割合	15
2. 体節的形質の比較	28
3. 幼 魚	31
4. 成長区分および代表的形態	35
IV. 要約ならびに考察	39
V. 摘 要	40

※ 水産講習所研究業績 第285号, 1959年9月10日 受理。
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 285.
Received Sept. 10, 1959.

第二章 雌雄による形態の相違	40
I. ま え が き	40
II. 実験の材料および方法	41
III. 実験結果	42
A. ハ モ	42
1. 外部形態	42
2. 内部形態と体節的形質	49
3. 生息海域別の比較	49
B. マ ア ナ ゴ	53
1. 外部形態	53
2. 内部形態と体節的形質	58
3. 生息海域別の比較	58
IV. 要約ならびに考察	60
V. 摘 要	60
第三章 生殖時期における形態の変異	61
I. ま え が き	61
II. 実験の材料および方法	61
III. 実験結果	62
1. 外部形態	62
1) 同型内における雌雄の相違	62
2) 両型間の雌雄の相違	64
3) 体節的形質	68
2. 内部形態	68
1) 骨格の構造と形態	68
2) 体節的形質	71
3. 両型の全長組成	71
IV. 考 察	72
V. 摘 要	73
第四章 成長にともなう形態の変化	74
I. ま え が き	74
II. 実験の材料および方法	74
III. 実験結果	75
A. ハ モ	75
1. 外部形質	75
1) 係数の平均値の変化	75
2) 体の区分形質の相対成長	87
2. 内部形質	87
B. マ ア ナ ゴ	90
1. 稚魚期および初期未成魚期	90
1) 係数の平均値の変化	90
2) 体の区分形質の相対成長	96
2. 未成魚期および成魚期	98

1) 係数の平均値の変化	98
2) 体の区分形質の相対成長	105
IV. 要約ならびに考察	105
V. 摘 要	105
第五章 環境, とくに栄養の相違にもとづく形態の変異	107
I. ま え が き	107
II. 実験の材料および方法	107
III. 実 験 結 果	108
1. 各群間の差異	108
2. 変異の傾向性と要因	109
IV. 要約ならびに考察	112
V. 摘 要	113
第六章 生息水域 (分布) の相違による形態の変異性について	113
I. ま え が き	113
II. 実験の材料および方法	113
III. 実 験 結 果	114
A. ハ モ	114
1. 外 部 形 態	114
2. 体 節 的 形 質	120
B. マ ア ナ ゴ	123
1. 外 部 形 態	123
2. 体 節 的 形 質	141
IV. 要約および考察	145
V. 摘 要	146
第七章 内 部 骨 格	147
I. ま え が き	147
II. 実験の材料および方法	148
III. 実 験 結 果	149
A. ハ モ 科 魚 類	149
1. 側 線	149
2. 頭蓋骨およびその附屬骨	151
3. 鰓弓および舌弧	159
4. 肩 帶	160
5. 脊 柱	161
6. 内部の特徴にもとづいた検索	165
7. 特異形質と科の特徴に関する検討	166
8. 系統および類縁関係	167
B. ア ナ ゴ 科 魚 類	168
1. 眼 前 骨	168
2. 咽 舌 骨	170
3. 尾 舌 骨	172
4. Exoccipital brush	173

5. 脊 椎 骨	174
a. 神経弓門および神経棘	174
b. 側 突 起	176
c. 横 突 起	177
d. 肉 間 骨	182
第二篇 生態に関する研究	186
第一章 全長組成および肥満度	186
I. ま え が き	186
II. 実験の材料および方法	186
III. 実 験 結 果	187
A. ハ モ	187
1. 仔魚の体長	187
2. 産卵期における産卵群の全長組成	187
3. 肥 満 度	188
4. 全長と体重との関係	190
B. マ ア ナ ゴ	191
1. 仔魚および稚魚	191
2. 未成魚および成魚	192
3. 性別の全長組成	194
4. 肥 満 度	195
5. 全長と体重の関係	196
IV. 摘 要	196
第二章 年 令 組 成	196
I. ま え が き	196
II. 実験の材料および方法	197
III. 実 験 結 果	197
A. ハ モ	197
1. 輪形成の時期および測定輪について	197
2. 耳石半径全長との関係	198
3. 各輪形成時の推算全長	198
4. 年 令 の 決 定	200
5. 成 長 度	202
6. 産卵期における産卵群の年令組成	202
B. マ ア ナ ゴ	202
1. 年令に関する輪紋の決定	202
2. 耳石半径と体の全長との関係	204
3. 各輪形成時の推算全長	204
4. 年 令 の 決 定	205
5. 成 長 度	208
6. 年 令 組 成	209
IV. 摘 要	211

第三章 食 性	211
I. ま え が き	211
II. 実験の材料および方法	212
III. 実 験 結 果	212
A. ハ モ	213
1. 消化系各部の大きさ	213
2. 産卵期における成熟魚の捕食について	216
3. 産卵期前の食性	217
1) 胃内容物の組成	217
2) 内容物の大きさと重量	219
3) 混 食 率	221
B. マ ア ナ ゴ	221
1. 消化系各部の大きさ	221
2. 仔魚および稚魚の消化系と消化管内容物	224
3. 未成魚および成魚の食性	226
1) 内容物組成	228
2) 捕食魚の全長と被食魚のそれとの関係	230
3) 混 食 率	233
4) 捕 食 と 嚥 下	233
5) 胃 内 容 比 率	233
6) 餌料の種類による捕獲率からみた食性	234
IV. 摘 要	235
第四章 生 殖 生 態	236
I. ま え が き	236
II. 実験の材料および方法	236
III. 実 験 結 果	236
A. ハ モ	236
1. 生殖腺の形態	236
2. 卵巣内の卵径	239
3. 抱卵数および産出卵数	240
4. 群 成 熟 度	241
5. 産卵期における産卵群の雌雄組成	242
B. マ ア ナ ゴ	243
1. 生殖腺の形態	243
2. 卵巣内の卵径	244
3. 抱 卵 数	244
4. 性 比	244
IV. 要約ならびに考察	245
V. 摘 要	247
第五章 卵発生および仔魚前期	247
I. ま え が き	247
II. 実験の材料および方法	247

III. 実験結果	248
1. 完熟卵について	248
2. 発生経過	248
3. 仔魚前期	248
第六章 沿岸における仔魚および稚魚の生息場所とその環境	251
I. ま え が き	251
II. 調査の範囲および方法	251
III. 実験結果	251
1. 潮流と仔魚の生息場所	251
2. 生息場所の水深および底状について	253
3. 生息場の水温について	253
4. 仔魚の主漁場に出現する魚類について	256
5. 生息場における浮游性生物の組成	258
6. 仔魚の漁獲量	259
IV. 要約ならびに考察	260
V. 摘 要	261
第七章 産 卵 場	261
I. ま え が き	261
II. 実験方法	262
III. 実験結果	262
A. ハ モ	262
1. 漁場の季節的変遷	262
2. 完熟および放卵後の魚体の出現位置	262
3. 広頭型の出現率および漁獲位置	264
4. 産卵場の水深および潮流について	265
5. 水温と塩素量について	265
6. 産卵場における底生魚類について	267
7. 産卵水域における底生生物について	268
B. マアナゴの産卵水域について	270
IV. 摘 要	271
第八章 分布、漁場および漁獲量	272
I. ま え が き	272
II. 調査の材料および方法	272
III. 調 査 結 果	272
A. ハ モ	272
1. 分 布	272
2. 東支那海におけるハモの漁場とその漁獲量について	273
3. 漁場と底水温と漁獲率との関係	277
4. 漁場の水深と漁獲率との関係	279
5. 漁場の底生生物	282
6. 漁獲量の変動	283
1) 月合による漁獲量の変動	283

2) 昼夜別の漁獲率の差異	283
B. マ ア ナ ゴ	285
1. 分 布	285
2. 瀬戸内海における漁獲量	285
IV. 摘 要	287
第九章 生活史に関する比較的考察	288
ま え が き	288
1. 産 卵	288
2. 受 精 卵	288
3. 仔魚および稚魚	289
4. 未成魚と成魚	289
第三篇 養成 (マアナゴ) に関する研究	293
第一章 仔魚および稚魚	293
I. ま え が き	293
II. 実験の材料および方法	293
III. 実 験 結 果	294
1. 水温に対する抵抗力	294
2. 仔 魚 の 採 捕	295
3. 変態期の経過とこの時期の仔魚および稚魚の養成	296
4. 稚魚の成長と養成	298
IV. 考 察	299
V. 摘 要	300
第二章 初期未成魚	300
I. ま え が き	300
II. 実験の材料および方法	300
III. 実 験 結 果	301
1. 投餌量が成長度、増重倍率、餌料係数、減耗係数および変異度におよぼす影響	301
2. 放養密度が増重倍率、餌料係数および減耗率におよぼす影響	305
3. 魚体の大きさの変異度が増重倍率、餌料係数および減耗率におよぼす影響	306
4. 索餌および捕食行動	308
IV. 考 察	308
V. 摘 要	309
第三章 当才未成魚	309
I. ま え が き	309
II. 実験の材料および方法	310
III. 実 験 結 果	311
1. 採捕率および生息場所	311
2. 全長と体重組成	312
3. 投餌量が成長度、増重倍率、餌料係数および変異度におよぼす影響	314
1) 成 長 度	314
2) 増重倍率および餌料係数	314

3) 変異度	315
4. 放養密度と成長量との関係	315
IV. 要約ならびに考察	317
V. 摘要	318
第四章 2年魚以上の未成魚	319
I. ま え が き	319
II. 実験の材料および方法	319
III. 実験結果	321
1. 水温の変化と止水環境が魚体におよぼす影響	321
1) 水温の上昇	321
2) 水温の降下	324
2. 消化速度	324
3. 蓄養	325
1) 混養	325
2) 秋期間の養成とその効果	325
3) 冬期間の蓄養	327
IV. 考察	327
V. 摘要	327
第四篇 繁殖の保護および助長に関する考察	329
I. ま え が き	329
II. 考察	329
1. 親魚	329
1) 禁漁期と禁漁区	329
2) 雌親魚の採捕禁止	329
2. 仔魚, 稚魚および初期未成魚	329
1) 生息場所の保護	329
2) 種苗確保	330
III. 摘要	330
参考文献	331
Summary	340

図版 I—XIV



Contents

Acknowledgment	10
Forward and historical review	11
Part I. Morphology	13
Chapter I. Larva and elver of conger eel	13
Chapter II. Morphological differentiation in sex	40

A. <i>Muraenesox cinereus</i>	42
B. <i>Conger myriaster</i>	53
Chapter III. Breeding changes in body shape	61
Chapter IV. Morphological transformations with growth	74
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	75
B. <i>Conger myriaster</i>	90
Chapter V. Morphological variations due to environmental condition especially to nutrition	107
Chapter VI. Morphological variations in relation to geographic distribution	113
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	114
B. <i>Conger myriaster</i>	123
Chapter VII. Osteology	147
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	149
B. <i>Conger myriaster</i>	168
Part II. Ecology	186
Chapter I. Compositions of total length and fatness	186
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	187
B. <i>Conger myriaster</i>	191
Chapter II. Age composition	196
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	197
B. <i>Conger myriaster</i>	202
Chapter III. Food habits	211
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	213
B. <i>Conger myriaster</i>	221
Chapter IV. Breeding habits	236
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	236
B. <i>Conger myriaster</i>	243
Chapter V. Egg development and prelarva of the sharp-toothed eel	247
Chapter VI. Habitat and environment of the larvae and elvers in the coastal waters	251
Chapter VII. Spawning ground	261
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	262
B. <i>Conger myriaster</i>	270
Chapter VIII. Distribution, fishing grounds and the amount of catch of apodal fishes	272
A. <i>Muraenesox cinereus</i>	272
B. <i>Conger myriaster</i>	285
Chapter IX. Comparison of the life history	288
Part III. Culture of the conger eel	293
Chapter I. Larvae and elvers	293
Chapter II. Early immature fish	300
Chapter III. Yearling immature fish	309
Chapter IV. Immature fish older two years	319
Part IV. Proposed system of conservation	329
Literature	331
Summary	340

Plates I—XIV

謝 辞 Acknowledgment

ここに、この報告をまとめることができたのは、ひとえに、京都大学教授松原喜代松博士の永年にわたる懇切なご教授と、そして周密なご校閲の労をいただいたおかげであり、また水産講習所教授松井魁博士のすべての分野にわたる懇篤なご教導によるものであつて、ここに両博士に対し、謹んでお礼申し上げる。

さらに、水産講習所教授吉田裕博士、同所教授石山礼蔵博士、同所元教授藤本政男氏、水産講習所教授千葉卓夫博士、九州大学教授内田恵太郎博士、山口大学教授片山正夫博士、京都大学講師落合明氏、同大学浅野博利氏および岩井保氏、大洋研究所長川上猛雄氏、西海区水産研究所技官野中英夫氏、同所技官最首光三氏および池田郁夫氏、内海区水産研究所技官多々良薫氏、水産講習所助教授鶴田新生氏、同所講師前田弘氏からはそれぞれご専門の分野から有益なご教示とご助言を賜わり、あるいは長期間にわたり貴重な文献の供与をうけた。

また、元水産講習所助手三木衛氏、内海区水産研究所技官小林敬男氏、農林省水産統計課技官山本忠氏、大洋漁業株式会社川上三千雄氏、同社土田大吉氏、同社鈴木重一氏、同社江又貞治氏、同社幸利喜男、同社手塚寿夫氏、同社大衛栄氏、同社中村満郎、同社森次謙次氏および河村郁也氏、日魯漁業株式会社小林小一郎氏、同社小笠原秀雄氏、同社崎山守久氏、同社清水房雄氏、同社伊藤四郎氏、同社牧野達男氏、同社亀野栄次氏、同社藤本春男氏、同社大島一男氏、同社寺田辨平氏および広田英雄氏、山口県外海水産試験場長市村要氏、同場技師八柳健郎氏および伊藤健生氏、内海水産試験場長前川兼祐氏、同場技師松清恵一氏および宇都宮正氏、山口県商工水産部長鈴木覚氏、元牛島漁業協同組合長弘中松繁氏、牛島漁業協同組合長室元万義氏、同組合西村義男氏および中田治良氏、佐賀漁業協同組合長国本孝博氏、室積漁業協同組合長小村栄作氏、同組合川崎八弥氏、高知大学教授蒲原稔治博士、愛知県水産試験場技師増田親氏、同場技師熊田潮氏、同場技師片倉正人氏、愛知県三谷魚市場小田三喜次氏、南海区水産研究所技官横田滝雄氏、同所技官工藤晋二氏、宮崎県沿岸漁業指導所長川越良人氏、同所技師百合野定氏、内海区水産研究所技官川瀬実氏、東北海区水産研究所技官笠原康平氏、北海道海区水産研究所技官中山伊佐美氏、渡波水産高等学校教諭佐久間力氏、大阪府漁業調整委員会吉田俊一氏、大分県水産試験場高田分場長木谷益邦氏、下関市役所技師村上嘉明氏などからは標本の採集、あるいは乗船調査にあたってご援助とご協力をいただいた。

田名臨海実験実習場吉岡俊夫氏および宮島水族館溝上昭男氏には本研究の実験、採集にご尽力いただき、周防灘ふぐ連組合河村信一氏、岩国市役所技師秋月友治氏、田名臨海実験実習場福本種子氏、永富実子氏には標本の測定、計算、整理および飼育などに熱心なご協力をえた。

さらに、長友水産講習所助教授久保田善二郎氏、ならびに桑原誠之博士には終始有益なご助言と、本研究の校正に格別のご援助をいただいた。以上の方々に対しここに記して厚くお礼申し上げます。

なお、本研究に要した費用の一部は水産研究会および水産講習所後援会のご援助によって補われた。両会に対し、謝意を表する。

序言および研究史 Foreword and historical review

1904年デンマークの SCHMIDT はウナギに関する研究に着手して以来、幾多の難関を克服し、1922年に至りついに大西洋産2種のウナギの生活史を明らかにし、さらに1928年から1930年にわたる世界周航の調査によって、印度洋および西南太平洋に分布するウナギ類の産卵場をも探究した。SCHMIDT の死後、彼の後継者である EGE (1939) と JESPERSEN (1942) はそれぞれ SCHMIDT の研究を継承し、その大業を完成した。

一方、日本産ウナギについては丸川 (1916)、SCHMIDT (1925)、DELSMAN (1929)、内田 (1935)、中井と松井 (1938)、松井 (1952, '57)、BRUUN (1955) その他多くの貴重な研究があるが、まだ初期の生活史や産卵場などに関しては明らかにされていない。

さて、著者がこの研究をはじめた動機は1946年12月から2年間、松井純博士の指示によりトロール船に乗り、東支那海・黄海およびその隣接水域において底生魚類の生態的調査とあわせて、ウナギの仔魚 (Leptocephalus) の採集を担当したことによる。著者はこの期間を通じ、ウナギの仔魚の採集については所期の目的を達成できなかったが、比較的沿岸に多産するウナギの近似種たるハモおよびマアナゴの生活史を中心に研究の端緒を得ることができた。以来日時をついやしてこれら重要ウナギ目魚類の生活史を明らかにするとともに、資源保護と増殖の立場から本課題に示したような研究へと発展させたいのである。よってここに現在までの成果をとりまとめ報告することとした。

本報告を分けて形態、生態、養成および繁殖の保護と助長の4篇とした。形態に関する研究では仔魚および稚魚の形態、雌雄、成長段階および環境による形態の変異性、内部形態などについてしらべ、生態に関する研究ではそれぞれの生活史を明らかにして増殖および資源の保護助長に資する考えのもとに全長組成と肥満度、年令組成、食性、生殖生態、初期生活史、生息場所とその環境および漁獲などについてしらべた。さらに養成に関する研究では集約的養成法についてもっとも基礎的な数項目を追求してとりまとめた。

この研究に用いた資料の大部分は著者および水産講習所田名臨海実験実習場の職員によって採集したもので、考察上資料が必ずしもじゅうぶんでないと思われるところが少なくないが、これらは資料の集積をまっぴらに補足したいと思う。

本報告においては内容が4篇に分れているので各章においてそれぞれまえがき、実験の材料および方法、実験結果、要約ならびに考察または摘要などを示した。なお、養成に関する研究では実験の総合結果にもとづき、とくに技術的ならびに経済的に有意と思われるマアナゴについて論述した。

さて、日本産ウナギ目魚類のうち沿岸に多産し、資源的に重要なのはハモ科およびマアナゴ科魚類であるが、これらに関する既往の研究はウナギ科魚類のそれに比してはなほ少なくない。既往の業績を形態ならびに分類学的研究、および生態ならびに資源生物学的研究の2分野に大別すると、もっとも古くから行われているのは、その第1分野であるが、第2分野のうち分布に関する業績もすこぶる多い。

JORDAN と SNYDER (1901) は日本産ウナギ目魚類の分類学的再検討において、ハモ属魚類を1種ハモ *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) に統合し、BLEEKER (1867) の創設したハシナガアナゴ属 *Oryzonger* を含めて日本産ハモ科魚類を2属2種に整理した。この分類体系は岡田と松原 (1938)、蒲原 (1940) などによって踏襲されてきた。片山と高井 (1954) は内部および外部諸形態を検討してあらたに1新種スズハモ *Muraenesox yamaguchiensis* を加え、高井ら (1954) はスズハモとハモの形態的相違を一層明らかにした。

ハモ属魚類の分布に関する業績の主なものには、本邦沿岸のものについて JORDAN と SNYDER (1901)、

FRANZ (1910), SNYDER (1912), JORDAN と TANAKA と SNYDER (1913), MATSUURA (1920), 市島 (1927), 宇井 (1927), 中村 (1934), SCHMIDT (1930), JORDAN と METZ (1931), 蒲原 (1936), 小池 (1936), 蒲原 (1940), 片山 (1940), 貞子 (1949), 片山と高井 (1951), 本間 (1952), 野中と岡田 (1957) などの, また日本以外のものについては RUTTER (1897), JORDAN と RICHARDSON (1908), JORDAN と DICKERSON (1908), SEALE (1910), MORI (1928), FOWLER (1931, 1938), 檜山 (1942), SMITH (1950) などの報告がある。

JORDAN と SNYDER (1901) は日本産ウナギ目魚類の分類学的再検討においてアナゴ科魚類をもとりあつかい, 主として外部の諸形質をもとにして新たに新種を加え, 日本産アナゴ科魚類を2属9種に分類した。その後, SNYDER (1908) は1新種を追加し, さらに彼 (1912) は JORDAN と SNYDER (1901) の業績に再検討を加えて1属11種に分類した。その後, JORDAN と HUBBS (1925) は新たに多くの分類形質をみいだして日本産のアナゴ科魚類を9属10種に分類した。

それ以来 SNYDER (1912) の分類体系は田中 (1931), 蒲原 (1940) などによって支持され, JORDAN と HUBBS (1925) の分類体系は岡田と松原 (1938) などが採択したが, 最近に至り松原 (1955) は *Coloconger raniceps* ALCOCK を加えて日本産アナゴ科魚類を10属12種2亜種に分類した。さらに浅野 (1956) は外部および内部の諸形質にもとづいて再検討を行い, 日本産の本科魚類を2亜科10属14種4亜種に分類した。ただしこの研究では *Coloconger* 属の魚類をとりあつかっていない。

生態ならびに資源学的研究においては生活史および資源生物学的研究が行われている。

生態学的研究では藤田 (1906) がウナギとマアナゴの稚魚について報告し, また彼 (1933) は岡山県沿岸や大阪湾などに出現するレプトセファルスを飼育し, これがマアナゴの仔魚であることを実証した。これよりさき内田 (1932) はハモ, マアナゴその他数種の日本産ウナギ目魚類の変態および初期生活史についてくわしい報告を行った。

資源生物学の分野では東支那海・黄海産のハモに関する一連の研究がみられる。すなわち, 笠原 (1948) は漁獲量の統計的な解析を試み, 黄海系, 東海北部系および南部系の3群の存在を認め, それらの分布, 回遊および漁場などについてそれぞれ報告した。また川上ら (1949) は漁場および漁獲について, 西海区研究所 (1953, '55) は体長組成, 年令組成, 生殖生態, 成長, 食性および漁獲量の変動などについて報告した。また大滝ら (1954) は近縁種スズハモの分布, 食性, 年令, 成長および産卵などについてしらべ, 東支那海ハモとのそれらの相違を明らかにした。その後, 野中 (1956) はハモの食性について報告し, エビ・カニ類, 魚類, イカ・タコ類などの動物性餌料をとることを明らかにした。さらに野中と岡田 (1957) は生殖生態について, 西川 (1957) は精巣における生殖細胞の季節的变化についてそれぞれ報告した。

一方, 多々良 (1952) は紀伊水道産ハモの資源生物学的研究を行い分布, 回遊, 産卵期, 産卵水域, 性比, 成熟度および年令などについて報告した。また高井 (1957, '59) は周防灘水域に産するハモの産卵期および産卵場などについてしらべた。

マアナゴについてはこうした研究はきわめて少ない。宮本と塩田 (1954) は例網の囊の位置および囊の種類に対する選択性について, 井伊と渡部 (1952) は断水によっておこるマアナゴの窒息死の経過についてそれぞれ報告した。また内橋 (1953) は多くの日本産硬骨魚類の脳髓の比較形態学的研究においてハモ・マアナゴの脳形と生態との関係をしらべ, ハモが夜行性, 肉食性, 定着性, 冲合性であること, またマアナゴは夜行性, 肉食性, 底生性であることなどを明らかにした。富山 (1956) は周防灘産マアナゴの全長組成と食性について, また岡田と鈴木 (1956) は伊勢湾産マアナゴの全長組成についてそれぞれ報告した。これらのほかに宇都宮ら (1954) が内湾汽水区域におけるマアナゴの出現状態および食性について, また水産庁調査研究部 (1947) が産卵期に関する資料を集録している。

第1篇 形態に関する研究

Prat I. Morphology

第一章 仔魚および稚魚

Chapter I. Larva and elver of the conger eel

まえがき

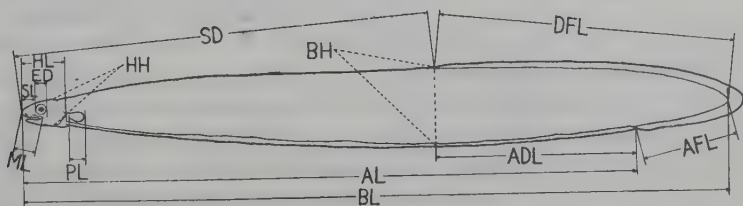
ウナギ目魚類における仔魚および稚魚の形態、ならびに生態に関しては、ウナギ科で GRASSI と CALANDRUCCIO (1896), JOHANSEN (1905), PETERSON (1905), SCHMIDT (1906, '09), GRASSI (1913), STRUBBERG (1913), DELSMAN (1929), EHRENBAUM (1930), FORD (1931), BRUUN (1937), JESPERSEN (1942) その他多くのすぐれた業績がみられる。ことに SCHMIDT (1909) と GRASSI (1913) はヨーロッパ産ウナギの仔魚および稚魚の成長段階の区分および形態変化について詳細な報告を行った。日本産ウナギ目魚類でこのような研究はきわめて少なく、神谷 (1915), 内田 (1932, '35) などの研究がみられるにすぎない。実際、魚類の初期の形態および生活史を究明することは、内田 (1927) によって指摘されているように、魚類資源の保護、助長、積極的増殖を行うための根本問題として重要なもので、著者はマアナゴの成長過程における形態変化について本実験を行った。

実験の材料および方法

供試標本は1954年1月から1956年5月上旬にわたり周防灘中部水域にあたる山口県熊毛郡および光市沿岸において、カタクテイワシおよびイカナゴを目的とする船曳網でえられたものである。これらのうち魚体各部の測定には1955年1月上旬から同年5月上旬にわたって採捕されたものを用いた。また変態後期に属する標本の測定には上記期間に採捕されたもののなかから必要数だけ抽出し、これらを室内水槽で飼育して成長させ、各成長段階に達した個体を適時取りあげ、10%ホルマリン液で固定*したものをを用いた。伸長期および

Table 1. Number of specimens and range of body length in each stage of *Conger myriaster*.

Items	Developing stage	Metamorphosis stage	Elver stage
Range of body length in mm	85.4~126.2	122.0~68.6	71.9~78.3
Number of specimens	406	136	4

Fig. 1. Measurements of various parts of body in both developing and metamorphosis stages of *C. myriaster*.

*仔魚および稚魚の体長は生魚または死直後に測定した値とホルマリン溶液(10%)で固定したのち測定した値はかなり差異がある。ホルマリン固定による体長の縮小率は伸長期の標本では8.85~14.18%、平均11.20%、変態期標本では7.89~11.61%、平均9.44%をそれぞれ示した。

Table 3. Result of measurement during developing stage of *C. myriaster*. No., number of specimens; S. D., standard deviation; C. V., coefficient of variation. For other abbreviations, see Fig. 1 and Table 2.

Groups		A					B					C	
Items	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	
DFL into BL	10	2.27 ~2.65	2.49 ±0.02	0.12 ±0.02	3.82	88	1.80 ~3.58	2.57 ±0.04	0.21 ±0.01	8.17	191	1.90 ~3.55	
AFL into BL	10	6.20 ~9.82	8.56 ±0.19	0.88 ±0.13	10.28	87	4.37 ~11.47	9.02 ±0.09	1.25 ±0.06	13.86	191	3.35 ~11.39	
HL into BL	10	15.00 ~17.08	15.82 ±0.13	0.62 ±0.09	3.92	88	13.93 ~18.95	16.21 ±0.07	0.99 ±0.05	6.11	191	14.24 ~19.90	
ADL into BL	10	3.28 ~3.95	3.62 ±0.04	0.20 ±0.03	5.52	88	3.15 ~4.24	3.57 ±0.01	0.20 ±0.01	5.60	189	2.60 ~5.17	
IS into BL	10	58.67 ~90.00	76.00 ±2.39	11.19 ±1.69	14.72	88	39.00 ~100.00	70.28 ±1.04	14.43 ±0.73	20.53	190	44.21 ~96.55	
BD into BL	10	44.00 ~69.23	50.20 ±1.60	7.49 ±1.13	14.92	87	40.00 ~97.30	55.55 ±0.88	12.21 ±0.62	21.98	187	38.14 ~170.83	
BH into BL	10	8.20 ~9.86	8.96 ±0.04	0.20 ±0.03	2.23	88	7.62 ~10.61	8.90 ±0.05	0.63 ±0.03	7.08	191	7.65 ~11.39	
SL into BL	10	40.00 ~45.00	43.25 ±0.37	1.75 ±0.26	4.05	88	29.60 ~63.67	46.40 ±0.36	5.02 ±0.26	10.82	190	40.72 ~71.67	
ED into BL	10	67.69 ~90.00	80.25 ±1.53	7.18 ±1.08	8.95	88	29.95 ~98.00	73.00 ±0.87	12.06 ±0.61	16.52	190	47.82 ~109.50	
HH into BL	10	22.24 ~28.60	25.00 ±0.35	1.63 ±0.25	6.52	88	18.98 ~32.50	26.66 ±0.20	2.76 ±0.14	9.37	190	22.72 ~41.71	
ML into BL	10	33.54 ~40.68	37.30 ±0.53	2.84 ±0.37	6.65	88	30.23 ~75.42	39.90 ±0.46	6.35 ±0.32	15.92	190	34.40 ~73.00	
PL into BL	10	35.20 ~71.17	48.50 ±2.01	9.43 ±1.42	19.45	88	32.24 ~82.17	51.55 ±0.78	9.85 ±0.50	19.11	190	35.33 ~70.33	

C				D				E				
Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.
2.50 ±0.04	0.22 ±0.01	8.80	113	1.61 ~3.40	2.44 ±0.01	0.22 ±0.01	9.02	6	2.18 ~2.60	2.40 ±0.05	0.17 ±0.03	7.08
8.05 ±0.01	0.19 ±0.01	2.36	113	3.98 ~11.23	7.83 ±0.12	1.91 ±0.09	24.39	6	5.58 ~8.72	7.09 ±0.29	1.06 ±0.21	14.95
16.99 ±0.05	1.11 ±0.04	6.53	113	14.84 ~21.40	17.50 ±0.08	1.24 ±0.06	7.09	6	17.21 ~20.72	18.83 ±0.37	1.33 ±0.26	7.06
3.68 ±0.02	0.33 ±0.01	8.97	111	2.97 ~4.91	3.66 ±0.02	0.30 ±0.01	8.20	6	3.34 ~4.02	3.65 ±0.07	0.25 ±0.05	6.85
64.55 ±0.48	9.87 ±0.34	15.29	113	50.45 ~98.42	68.03 ±0.67	10.53 ±0.47	15.48	6	54.77 ~101.75	70.83 ±4.63	16.75 ±3.27	23.65
66.05 ±0.87	17.70 ±0.62	26.80	112	39.33 ~143.13	67.59 ±1.13	17.69 ±0.80	26.17	6	55.05 ~96.15	67.50 ±3.99	14.43 ±2.81	21.38
9.15 ±0.03	0.56 ±0.02	6.12	113	7.76 ~11.26	9.26 ±0.04	0.65 ±0.03	7.02	6	8.03 ~10.78	9.60 ±0.28	1.00 ±0.19	10.42
50.10 ±0.22	4.52 ±0.16	6.51	112	38.26 ~62.28	52.40 ±0.30	4.73 ±0.21	9.03	6	48.20 ~70.11	59.15 ±2.20	8.00 ±1.56	13.53
69.47 ±0.40	8.09 ±0.28	7.86	112	40.49 ~95.62	71.20 ±0.55	8.55 ±0.38	12.00	6	60.25 ~101.75	83.34 ±4.33	15.72 ±3.06	18.86
29.47 ±0.13	2.59 ±0.08	8.79	112	22.50 ~45.77	30.20 ±0.20	3.18 ±0.14	10.53	6	18.75 ~34.60	29.00 ±1.27	4.62 ±0.90	10.75
44.58 ±0.25	5.04 ±0.17	11.40	112	31.32 ~62.78	46.36 ±0.27	5.07 ±0.19	8.69	6	40.17 ~55.50	48.66 ±1.16	4.23 ±0.82	8.69
50.48 ±0.41	8.40 ±0.29	16.13	112	34.78 ~85.77	50.90 ±0.54	8.48 ±0.38	16.66	6	48.08 ~67.83	56.34 ±2.39	8.67 ±1.69	15.38

Table 4. Result of measurement during metamorphosis stage of *C. myriaster*. No. number of specimens; S. D., standard deviation; C. V., coefficient of variation. For other abbreviations, see Fig. 1 and Table 2.

Groups Items	A'		B'					C'		
	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	Mean		
DFL into BL	1.67	42	1.31~2.11	1.65±0.02	0.20±0.12	12.12	73	1.29~2.11	1.57±0.02	
AFL into BL	2.65	42	1.72~3.87	2.75±0.06	0.55±0.32	23.21	73	1.77~3.94	2.61±0.05	
HL into BL	16.27	42	13.06~16.71	15.13±0.09	0.88±0.51	5.82	73	12.31~16.46	14.00±0.06	
ADL into BL	4.60	42	3.15~5.45	4.25±0.05	0.44±0.25	10.35	73	2.83~5.91	4.12±0.04	
IS into BL	50.83	42	45.00~78.87	56.42±0.79	1.55±0.46	13.38	73	40.20~70.67	52.55±0.60	
BD into BL	48.80	42	44.60~92.50	61.11±0.11	1.04±0.60	1.70	73	33.83~117.22	57.56±0.95	
BH into BL	10.89	42	9.36~14.73	11.44±0.12	1.12±0.65	0.98	73	7.96~14.34	10.58±0.15	
SL into BL	48.80	43	44.03~58.42	49.90±0.32	3.13±0.23	6.27	73	39.77~58.67	46.83±0.32	
ED into BL	67.78	43	27.95~81.00	65.15±0.79	1.69±0.56	11.80	73	50.25~80.46	61.98±0.50	
HH into BL	27.11	43	25.57~47.75	30.13±0.33	3.27±0.24	10.85	73	32.00~40.32	27.71±0.20	
ML into BL	40.67	43	39.47~56.70	44.89±0.32	3.15±0.23	7.02	73	33.83~51.48	42.23±0.50	
PL into BL	34.86	43	29.21~46.46	36.44±0.40	3.89±0.28	10.68	73	26.10~46.52	35.72±0.40	
C'		D'					E'			
S. D.	C. V.	No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	No.	Range	Mean	
0.19±0.01	12.10	15	1.36~1.79	1.53±0.02	0.13±0.02	8.50	4	1.28~1.57	1.45±0.21	
0.62±0.03	23.75	15	1.81~3.58	2.19±0.11	0.61±0.06	27.85	4	1.72~2.84	2.12±0.13	
0.84±0.05	6.00	15	11.43~14.67	13.10±0.15	0.84±0.10	6.41	4	10.14~12.17	10.80±0.28	
0.54±0.03	13.11	15	3.07~5.87	4.50±0.15	0.85±0.10	18.89	4	3.55~7.56	5.13±0.49	
7.62±0.43	10.69	15	36.56~58.82	48.63±1.25	7.19±0.22	14.79	4	39.09~42.60	40.10±0.49	
11.98±0.67	20.81	15	34.21~80.42	52.67±2.18	12.52±1.42	23.75	4	28.67~36.17	31.15±1.02	
1.86±0.10	17.58	15	7.41~13.83	10.76±0.33	1.92±0.22	17.84	4	15.49~17.55	16.70±0.28	
4.04±0.23	8.73	15	30.74~46.85	41.16±0.74	4.26±0.52	10.35	4	39.09~44.84	42.19±0.72	
6.24±0.35	10.07	15	49.60~68.71	59.42±0.91	5.24±0.64	8.82	4	43.79~58.64	51.12±2.24	
2.46±0.14	8.88	15	21.56~28.71	25.09±0.44	2.55±0.31	10.16	4	20.53~22.05	21.30±0.18	
6.31±0.35	10.21	15	32.00~41.09	36.92±0.55	3.20±0.39	8.67	4	27.37~30.71	28.79±0.41	
5.03±0.28	14.08	15	28.71~46.85	35.03±0.71	4.66±0.57	13.30	4	24.57~28.40	26.80±0.48	
E'		F'		G'	H'					
S. D.	C. V.				No.	Range	Mean	S. D.	C. V.	
0.61±0.15	42.70	1.24	1.51	1.27	4	1.13~1.23	1.20±0.01	0.04±0.01	3.33	
0.38±0.09	17.92	1.61	2.67	1.73	4	1.55~1.63	1.58±0.01	0.03±0.01	1.90	
0.83±0.20	7.69	9.43	11.04	9.03	4	7.34~9.11	7.93±0.24	0.70±0.17	8.70	
1.48±0.35	28.85	5.16	3.58	5.40	3	5.47~7.08	6.01±0.29	0.75±0.21	12.38	
1.46±0.35	3.64	30.16	33.13	27.44	4	22.65~31.32	24.16±1.35	3.99±0.95	12.38	
3.01±0.72	9.66	25.13	33.13	24.50	4	23.97~27.00	25.46±0.39	1.15±0.27	4.52	
0.82±0.20	4.91	16.39	14.94	14.00	4	14.24~19.87	17.65±0.91	2.69±0.09	15.24	
2.13±0.51	5.05	34.27	38.10	34.30	4	27.00~32.08	29.22±0.62	1.83±0.44	6.26	
6.64±1.59	12.99	53.86	54.43	42.88	4	37.75~51.33	45.13±1.62	4.80±1.14	10.64	
0.54±0.13	2.54	18.60	18.59	17.15	4	17.11~20.08	13.75±1.18	5.19±1.24	37.75	
1.21±0.29	4.20	27.93	27.21	24.50	4	24.06~31.32	26.77±0.92	2.73±0.65	10.20	
1.41±0.34	5.26	23.56	25.40	20.79	4	17.11~28.76	21.78±0.15	4.45±1.06	20.43	

Table 5. Test of A and B by the first method. See p. 3.

Items	$M_1 - M_2$	$\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}$	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}}$
DFL into BL	0.08	± 0.04	2.00
AFL into BL	0.46	± 0.21	2.19
HL into BL	0.39	± 0.15	2.60
ADL into BL	0.05	± 0.04	1.25
IS into BL	5.72	± 2.60	2.20
BD into BL	5.35	± 1.83	2.92
BH into BL	0.06	± 0.06	1.00
SL into BL	3.15	± 0.52	6.06
ED into BL	7.25	± 1.76	4.12
HH into BL	1.66	± 0.40	4.15
ML into BL	2.60	± 0.70	3.71
PL into BL	3.05	± 2.16	1.41

Table 6. Test of B and C by the first method. See p. 3.

Items	$M_1 - M_2$	$\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}$	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}}$
DL into BL	0.07	± 0.06	1.17
TI into BL	0.97	± 0.09	10.78
HL into BL	0.78	± 0.08	9.75
ADL into BL	0.11	± 0.02	5.50
IS into BL	5.73	± 1.15	4.98
BD into BL	10.50	± 1.24	8.47
BH into BL	0.25	± 0.06	4.17
SL into BL	3.70	± 0.42	8.81
ED into BL	3.53	± 0.96	3.68
HH into BL	2.81	± 0.24	11.71
ML into BL	4.68	± 0.52	9.00
PL into BL	1.07	± 0.88	1.22

Table 7. Test of C and D by the first method. See p. 3.

Items	$M_1 - M_2$	$\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}$	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(P\varepsilon_1)^2 + (P\varepsilon_2)^2}}$
DFL into BL	0.06	± 0.04	1.50
AFL into BL	0.22	± 0.12	1.83
HL into BL	0.51	± 0.09	5.67
ADL into BL	0.02	± 0.02	1.00
IS into BL	3.48	± 0.82	4.24
BD into BL	1.54	± 1.42	1.08
BH into BL	0.11	± 0.05	2.20
SL into BL	2.30	± 0.37	6.22
ED into BL	1.73	± 0.55	3.15
HH into BL	0.73	± 0.24	3.04
ML into BL	1.78	± 0.37	4.81
PL into BL	0.42	± 0.68	0.62

Table 8. Test of D and E by the first method. See p.3.

Items	$M_1 - M_2$	$\sqrt{(P\epsilon_1)^2 + (P\epsilon_2)^2}$	$\frac{M_1 - M_2}{\sqrt{(P\epsilon_1)^2 + (P\epsilon_2)^2}}$
DL into BL	0.04	± 0.05	0.80
TI into BL	0.74	± 0.31	2.39
HL into BL	1.33	± 0.38	3.50
ADL into BL	0.01	± 0.07	0.14
IS into BL	2.80	± 4.68	0.60
BD into BL	0.09	± 4.15	0.02
BH into BL	0.34	± 0.28	1.21
SL into BL	6.75	± 2.22	3.04
ED into BL	12.14	± 4.36	2.78
HH into BL	1.20	± 1.29	0.93
ML into BL	2.30	± 1.19	1.93
PL into BL	5.44	± 2.45	2.22

Table 9. Test of E and A' by third method. See p.3.

Items	A'	E				
		N	$\bar{x}$	U	$U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$	$\bar{x} \pm U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$
DFL into BL	1.67	6	2.40	0.16	0.44	2.40 ± 0.44
AFL into BL	2.65	6	7.09	1.19	3.31	7.09 ± 3.31
HL into BL	16.27	6	18.83	1.24	3.45	18.83 ± 3.45
ADL into BL	4.60	6	3.65	0.26	0.72	3.65 ± 0.72
IS into BL	50.83	6	70.83	18.12	50.37	70.83 ± 50.37
BD into BL	48.80	6	67.50	15.56	43.26	67.50 ± 43.26
BH into BL	10.89	6	9.60	1.15	3.20	9.60 ± 3.20
SL into BL	48.80	6	59.15	7.66	21.29	59.15 ± 21.29
ED into BL	67.78	6	83.34	18.19	50.57	83.34 ± 50.57
HH into BL	27.11	6	29.00	4.25	11.82	29.00 ± 11.82
ML into BL	40.67	6	48.66	5.18	14.40	48.66 ± 14.40
PL into BL	34.86	6	56.34	9.22	25.63	56.34 ± 25.63

Table 10. Test of A' and B' by third method. See p.3.

Items	A'	B'				
		N	$\bar{x}$	U	$U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$	$\bar{x} \pm U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$
DFL into BL	1.67	42	1.65	0.27	0.55	1.65 ± 0.55
AFL into BL	2.65	42	2.73	0.56	1.14	2.73 ± 1.14
HL into BL	16.27	42	15.13	0.89	1.82	15.13 ± 1.82
ADL into BL	4.60	42	4.25	0.44	0.90	4.25 ± 0.90
IS into BL	50.83	42	56.42	8.79	17.93	56.42 ± 17.93
BD into BL	48.80	42	61.11	10.31	21.03	61.11 ± 21.03
BH into BL	10.89	42	11.44	1.19	2.43	11.44 ± 2.43
SL into BL	48.80	43	49.90	3.82	7.79	49.90 ± 7.79
ED into BL	67.78	43	65.15	9.14	18.65	65.15 ± 18.65
HH into BL	27.11	43	30.13	2.36	4.81	30.13 ± 4.81
ML into BL	40.67	43	44.89	2.79	5.69	44.89 ± 5.69
PL into BL	34.86	43	36.44	3.60	7.34	36.44 ± 7.34

Table 11. Test of B' and C' by second method. See p.3.

Items	B'			C'			F_0	$F_{(0.05)}$	W^2	F_0	$F_{(0.05)}$
	M	$\bar{x}$	$\frac{1}{M-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$	N	$\bar{y}$	$\frac{1}{N-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$					
DFL into BL	42	1.65	0.039	73	1.57	0.037	1.04	1.55	0.038	4.49	3.93
AFL into BL	42	2.73	0.315	73	2.61	0.385	1.22	1.61	0.360	1.07	3.93
HL into BL	42	15.13	0.788	73	14.00	0.712	1.11	1.55	0.739	46.07	3.93
ADL into BL	42	4.25	0.200	73	4.12	0.300	1.50	1.61	0.264	1.71	3.93
IS into BL	42	56.42	58.339	73	52.55	58.828	1.01	1.61	58.650	6.81	3.93
BD into BL	42	61.11	110.115	73	57.56	145.504	1.32	1.61	132.664	2.53	3.93
BH into BL	42	11.44	1.296	73	10.58	3.472	2.68	1.61			
SL into BL	43	49.91	14.683	73	46.83	16.516	1.12	1.60	15.841	16.21	3.93
ED into BL	43	65.15	60.513	73	61.98	39.440	1.53	1.54	47.203	5.77	3.93
HH into BL	43	30.13	10.927	73	27.71	6.146	1.78	1.54			
ML into BL	43	44.89	10.154	73	42.23	40.410	3.98	1.60			
PL into BL	43	36.44	15.501	73	35.72	25.648	1.65	1.60			

Table 12. Test of C' and D' by second method. See p.3.

Items	C'			D'			F_0	$F_{(0.05)}$	W^2	F_0	$F_{(0.05)}$
	M	$\bar{x}$	$\frac{1}{M-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$	N	$\bar{y}$	$\frac{1}{N-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$					
DFL into BL	73	1.57	0.037	15	1.53	0.016	2.31	2.22			
AFL into BL	73	2.61	0.385	15	2.19	0.401	1.04	1.84	0.388	0.05	3.95
HL into BL	73	14.00	0.712	15	13.10	0.758	1.06	1.84	0.719	0.14	3.95
ADL into BL	73	4.12	0.300	15	4.50	0.779	2.60	1.84			
IS into BL	73	52.55	58.828	15	48.63	55.338	1.06	2.22	58.027	3.30	3.95
BD into BL	73	57.56	145.504	15	52.67	160.794	1.10	1.84	147.993	2.01	3.95
BH into BL	73	10.58	3.472	15	10.76	3.948	1.14	1.84	3.550	0.11	3.95
SL into BL	73	46.83	16.516	15	41.16	19.425	1.18	1.84	16.990	23.55	3.95
ED into BL	73	61.98	39.440	15	59.42	29.388	1.34	2.22	37.803	2.16	3.95
HH into BL	73	27.71	6.146	15	25.09	6.962	1.13	1.84	6.278	13.60	3.95
ML into BL	73	42.23	40.410	15	36.92	10.993	3.68	2.22			
PL into BL	73	35.72	25.648	15	35.03	23.243	1.10	2.22	25.256	0.23	3.95

Table 13. Test of D' and E' by second method. See p.3.

Items	D'			E'			F_0	$F_{(0.05)}$	W^2	F_0	$F_{(0.05)}$
	M	$\bar{x}$	$\frac{1}{M-1} \sum (x_i - \bar{x})^2$	N	$\bar{y}$	$\frac{1}{N-1} \sum (y_i - \bar{y})^2$					
DFL into BL	15	1.53	0.016	4	1.45	0.493	30.81	3.34			
AFL into BL	15	2.19	0.401	4	2.12	0.187	2.14	8.71	0.363	0.04	4.45
HL into BL	15	13.10	0.758	4	10.80	0.860	1.13	3.34	0.776	25.53	4.45
ADL into BL	15	4.50	0.779	4	5.13	2.939	3.77	3.34			
IS into BL	15	48.63	55.338	4	40.10	2.833	19.53	8.71			
BD into BL	15	52.67	160.794	4	31.15	12.049	13.35	8.71			
BH into BL	15	10.76	3.948	4	16.70	0.887	4.45	8.71	3.408	32.69	4.45
SL into BL	15	41.16	19.425	4	42.19	6.050	3.21	8.71	17.065	1.96	4.45
ED into BL	15	59.42	29.388	4	51.12	58.960	2.01	3.34	34.606	2.69	4.45
HH into BL	15	25.09	6.962	4	21.30	0.385	18.08	8.71			
ML into BL	15	36.92	10.993	4	28.79	1.956	5.62	8.71	9.398	22.21	4.45
PL into BL	15	35.03	23.243	4	26.80	2.661	8.73	8.71			

Table 14. 95 % confidence limit of average value, m , at 0.05 level of significance.

Items	Groups	B'	C'	D'	E'
DFL into BL			$1.61 > m > 1.53$	$1.61 > m > 1.45$	$2.55 > m > 0.44$
AFL into BL					
HL into BL					
ADL into BL			$4.25 > m > 3.99$	$4.99 > m > 4.01$	$7.85 > m > 2.41$
IS into BL				$52.75 > m > 44.51$	$42.77 > m > 37.43$
BD into BL					
BH into BL		$11.80 > m > 11.08$	$10.95 > m > 10.21$		
SL into BL					
ED into BL					
HH into BL		$31.15 > m > 29.11$	$28.29 > m > 27.13$	$26.55 > m > 23.63$	$22.29 > m > 20.31$
ML into BL		$45.87 > m > 43.91$	$43.72 > m > 40.74$	$38.76 > m > 35.08$	
PL into BL		$37.65 > m > 35.23$	$36.90 > m > 34.54$	$37.70 > m > 32.36$	$29.39 > m > 24.21$

Table 15. Test of E' and F' by third method. See p.3.

Items	F'		E'				
			N	$\bar{x}$	U	$U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$	$\bar{x} \pm U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$
DFL into BL	1.24	1.51	4	1.45	0.13	0.46	1.45 ± 0.46
AFL into BL	1.61	2.67	4	2.12	0.49	1.74	2.12 ± 1.74
HL into BL	9.43	11.04	4	10.80	0.93	3.31	10.80 ± 3.31
ADL into BL	5.16	3.58	4	5.13	1.71	6.09	5.13 ± 6.09
IS into BL	30.16	33.13	4	40.10	1.68	5.98	40.10 ± 5.98
BD into BL	25.13	33.13	4	31.15	2.09	7.44	31.15 ± 7.44
BH into BL	16.39	14.94	4	16.70	0.92	3.28	16.70 ± 3.28
SL into BL	34.27	38.10	4	42.19	2.45	8.72	42.19 ± 8.72
ED into BL	53.86	54.43	4	51.12	7.68	27.34	51.12 ± 27.34
HH into BL	18.60	18.59	4	21.30	0.62	2.21	21.30 ± 2.21
ML into BL	27.93	27.21	4	28.79	1.40	4.98	28.79 ± 4.98
PL into BL	23.56	25.40	4	26.80	1.62	5.77	26.80 ± 5.77

Table 16. Test of G' and H' by third method. See p.3.

Items	G'	H'				
		N	$\bar{x}$	U	$U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$	$\bar{x} \pm U\sqrt{\frac{N+1}{N}}F$
DFL into BL	1.27	4	1.20	0.04	0.14	1.20 ± 0.14
AFL into BL	1.73	4	1.58	0.04	0.14	1.58 ± 0.14
HL into BL	9.03	4	7.93	0.80	2.85	7.93 ± 2.85
ADL into BL	5.40	3	6.01	0.92	4.57	6.01 ± 4.57
IS into BL	27.44	4	24.16	3.60	12.82	24.16 ± 12.82
BD into BL	24.50	4	25.46	1.23	4.38	25.46 ± 4.38
BH into BL	14.00	4	17.65	2.32	8.26	17.65 ± 8.26
SL into BL	34.30	4	29.22	3.70	13.17	29.22 ± 13.17
ED into BL	42.88	4	45.13	5.86	20.86	45.13 ± 20.86
HH into BL	17.15	4	13.75	0.40	1.42	13.75 ± 1.42
ML into BL	24.50	4	26.77	3.15	11.21	26.77 ± 11.21
PL into BL	20.79	4	21.78	5.14	18.30	21.78 ± 18.30

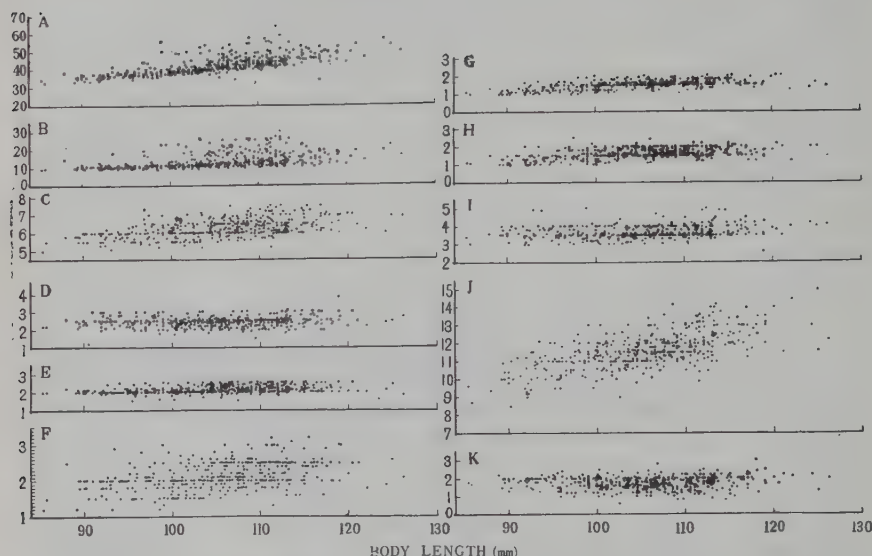


Fig. 3. Relation between the body length and external morphological characteristics during developing stages of *C. myriaster*. A, dorsal fin base length; B, anal fin base length; C, head length; D, upper jaw length; E, snout length; F, pectoral length; G, eye diameter; H, interorbital width; I, head height; J, body height; K, body width. Unit: mm.

それぞれ成長する際に有意な差が認められる。すなわち B から C に成長する際には11%から12%強に増加している。さらに伸長期末期の最大体長の仔魚が、変態期に入る際の臀鰭の前進はきわめて顕著で14%から38%弱に変化している。変態期のもっとも進んだ G' から変態完了後、稚魚に成長する際にも臀鰭基底の伸びがみられ、58%弱から63%に増加する。

以上の結果にもとづき、各成長段階における背鰭および臀鰭の前進過程を各成長群の平均値を採用してそれぞれの位置を求め、直線によって連結して模式的に図示し、これに理論直線を配し、かつ両鰭の前進にともなって変化する筋節数(肛門より後方の筋節数および背鰭起部から肛門までの筋節数)を記入して、相互関係を示すと第7, 8図の通りである。すなわち第7図において当初の体長 SC (87.7 mm) に対する D および A の位置に変化がなく比例的な相対関係を保って成長するならば、伸長期のおわり、つまり S' C' における D および A の位置はそれぞれ G および L 点を占め、その間の変化はおのこの D G および A L の点線上をたどる。しかし標本群の D および A の変化過程はそれぞれ D と D' および A と A' を結ぶ黒線で示される。すなわち D 点の変化は体長 115.0 mm 以後に D G 線と開きを示すが、それ以前では全く一致している。一方 A 点の変化は前者と異なり、すでに体長 95.0 mm から A L 線を離れて前方に移動し、伸長期のおわりには A' 点を占める。つまり既述したように伸長期にあっては背鰭基底長と体長の関係は隣接した成長群の間にいずれも有意な差がなく、背鰭の前進が顕著でないこと、また変態期前の最大体長をもつ成長群と変態初期標本の間には有意差が認められたこと、伸長期の臀鰭基底長と体長との関係は B から C の成長群に、E から変態期の初期の成長群に移行する際の各成長群の間に有意差のあること、すなわち臀鰭の前進がきわめて顕著であることを示している。第8図において、当初の体長 SC (122.0 mm) に対する D および A の位置に変化がなく比例的な相対関係を保ち、固定した体形で成長するならば、変態期のおわり、つ

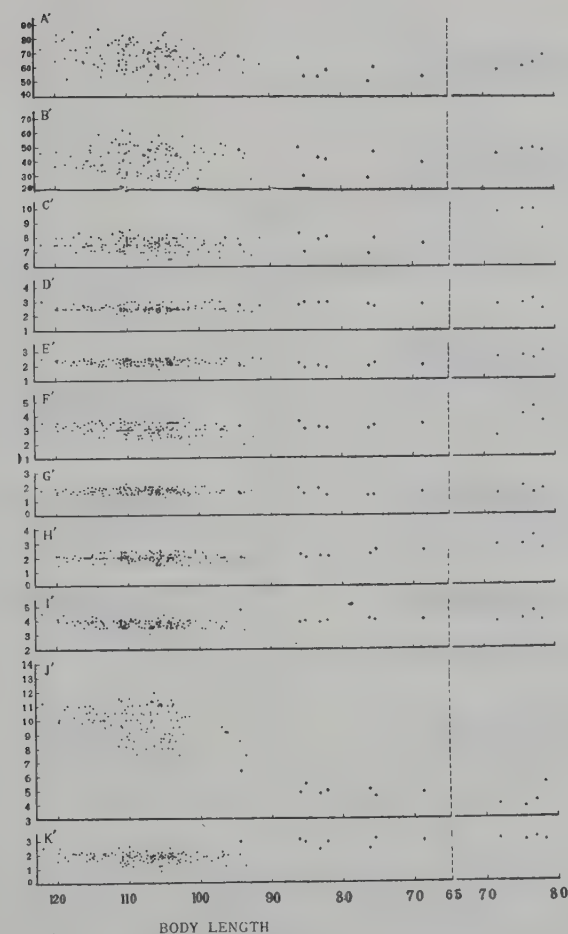


Fig. 4. Relation between the body length and external morphological characteristics during metamorphosis stages of *C. myriaster*. A', dorsal fin base length; B', anal fin base length; C', head length; D', upper jaw length; E', snout length; F', pectoral fin length; G', eye diameter; H', interorbital width; I', head height; J', body height; K', body width. Unit: mm.

より最小体長群における D および A の位置はそれぞれ G' および L' 点を、また稚魚のおわり S' C' においてはそれぞれ G および L の位置を占め、その間の変化は D と G および A と L を結ぶ点線上を移動する筈である。しかし変態期における各成長群の示す D および A の変化過程は体長 115.0 mm 以後 D G および A L 線を離れて著しく前方にかたより、稚魚のおわりまではほぼ直線的な変化過程を示す。つまり既述のように変態期に入ると背鰭および臀鰭の急激な前進がみられ、さらに稚魚に入っても顕著に前進し、そのおわりに極点近くにまで達することを示している。朝鮮総督府水産試験場* は体の縮小期に入ると肛門はほぼ

* 相川 (1949) 水産資源学総論より引用。

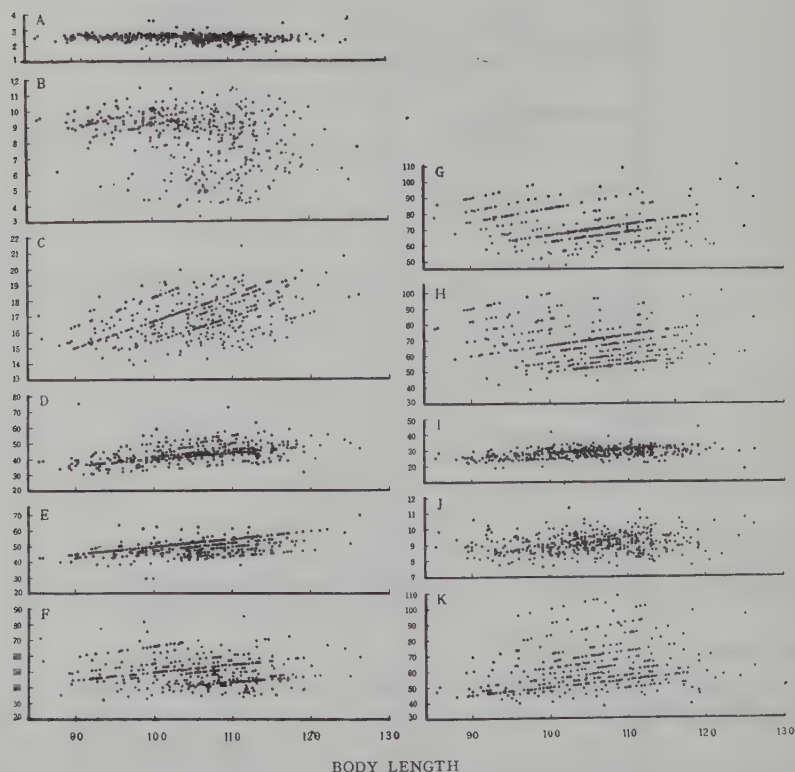


Fig. 5. Showing variation of the ratios between body length and various external morphological characteristics during developing stage of *C. myriaster*. Measurement divided into body length: A, dorsal fin base length; B, anal fin base length; C, head length; D, maxillary length; E, snout length; F, pectoral fin length; G, eye diameter; H, interorbital width; I, head height; J, body height; K, body width. Unit: mm.

体の中央に前進していることを指摘している。肛門は臀鰭前縁の前方に位置し、その間隔は1筋節程度で臀鰭と相対的な前進を稚魚の後期まで続けるからおよそ体の中央を占める成長段階は変態期の中期である。

SELLA (1911) はアナゴ科の或種の仔魚の解剖および変態について報告したが、そのなかで仔魚の成長傾向を論じ、全長と尾長 (ano-dorsal distance) との比が成長過程を示す重要な形質であることを指摘している。また SCHMIDT (1919) はヨーロッパ産ウナギの伸長期および変態期仔魚の臀鰭の前進過程を体長に対する尾長の比で求め、FORD (1931) はさらに SCHMIDT (1916) の資料を用いて尾長の伸長過程を論じ、これを模式図で示した。

c. 頭 長

体長と頭長との関係は第3図c、第4図c'、第5図cおよび第6図c'に示す通りである。各成長群の係

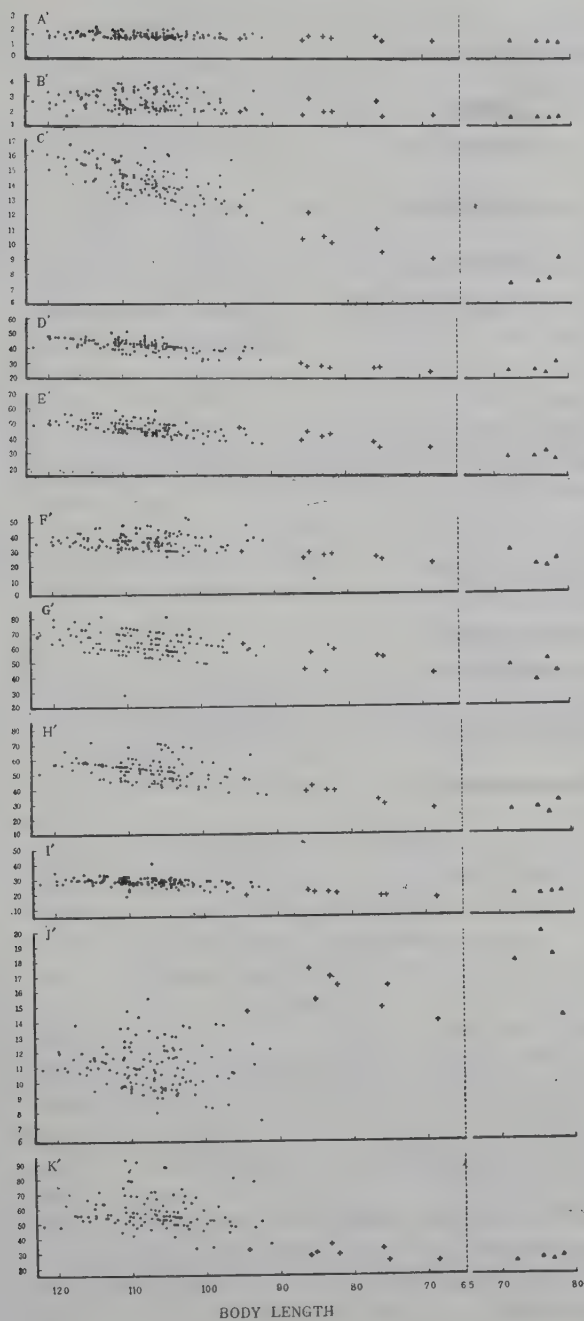


Fig. 6. Showing variation of the ratios between body length and various external morphological characteristics in metamorphosis stage of *C. myriaster*. Measurement divided into body length: A', dorsal fin base length; B', anal fin base length; C', head length; D', upper jaw length; E', snout length; F', pectoral fin length; G', eye diameter; H', interorbital width; I', head height; J', body height; K', body width. Unit: mm.

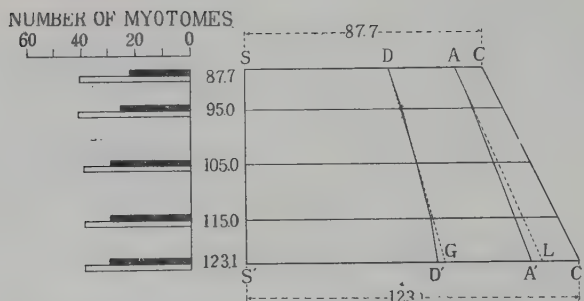


Fig. 7. Diagram showing the change of positions of both dorsal and anal fins (right side), and number of myotomes (left side) found in the developing stage of *C. myriaster*. SC and S' C', body length; SD and S' D', distance from tip of snout to origin of dorsal fin; DC and D' C', length of base of dorsal fin; AC and A' C', length of base of anal fin; DG and AL, theoretical growth line to DC and AC; black parts, postanal myotomes; white parts, ano-dorsal myotomes. Ordinate, body length in mm.

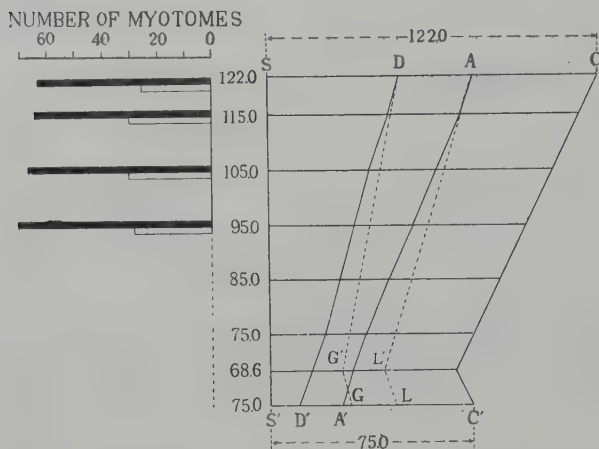


Fig. 8. Diagram showing the change of position of the origins of both dorsal and anal fins (right side), and also the number of myotomes (left side) found in metamorphosis stage of *C. myriaster*. SC and S' C', body length; SD and S' D', distance from tip of snout to origin of dorsal fin; DC and D' C', dorsal fin base length; AC and A' C', anal fin base length; DG and AL, theoretical growth line to DC and AC; black parts, postanal myotomes; white parts, ano-dorsal myotomes. Ordinate, body length in mm.

数 (体長/頭長) の平均値について検討すると、伸長期の成長群 B と C, C と D, さらに変態期の B' と C' および D' と E' の間にそれぞれ有意な差が認められる。すなわち頭長の体長に対して占める割合は B から D への成長過程において 6.1~5.7% に漸次減少している。一方変態期の B' から C' に移る際には 6.6~7.1% に、D' から E' に移るばあいには 7.6~9.3% にそれぞれ増加している。これは頭長の伸びが遅滞する

とか、あるいは縮小することがなく、各時期を通じわずかながら伸長しているのに対して伸長期の B から C、さらに D における体長の伸長度が著しく大きいこと、また変態期前の最大体長近くに達すると体長の伸びは遅滞すること、さらに変態期に入ると体の縮小が始まると、ほとんど頭長の増加がみられないが体長に対して占める割合が必然的に増加してくること、および変態完了して稚魚期に入り、体の伸びと頭の伸びがほぼ平行状態になることなどを示すものである。

d. 上 顎 長

体長と上顎長の関係は第 3 図 D、第 4 図 D'、第 5 図 D および第 6 図 D' に示す通りである。各成長群の係数（体長/上顎長）の平均値について検討するに伸長期では、B と C および C と D の各成長群間にそれぞれ有意の差が認められる。すなわち体長に対して占める割合は伸長期の B から D まではしだいに減少し、変態期の B' から D' の間では反対に増加している。上顎長の実測値が各時期を通じてほとんど変化がみられないにもかかわらず体長に対する割合の増減を示すことは、それらの成長群間では体の伸長度または縮小度が大きいことを示している。

e. 吻 長

体長と吻長の関係は第 3 図 E、第 4 図 E'、第 5 図 E および第 6 図 E' に示す通りである。各成長群間の係数（体長/吻長）の平均値について検討するに A から D まで、つまり伸長期の各成長区間に有意差が認められる。一方変態期では B' から D' までの各群間においてそれぞれ有意差が認められる。すなわち A から D まではしだいに体長に対して占める吻長の割合が減少し、変態期にあっては反対に増加している。したがって本形質も上顎長と同様な傾向を示す。この間、とくに著しい差は B と C および C' と D' の各群間においてみられ、その信頼度および不偏分散比はそれぞれ大きく 8.81 および 23.55 ($F'_{0.05}=3.95$) で有意差を示している。

f. 眼 径

体長と眼径の関係は第 3 図 G、第 4 図 G'、第 5 図 G および第 6 図 G' に示す通りである。各成長群間における係数（体長/眼径）の平均値について検討するに、伸長期では A と B の間に、変態期では B' と C' の群間においてそれぞれ有意差が認められる。つまり伸長期の A から B および変態期の B' から C' への成長時期に眼径の体長に対して占める割合が増大する。

g. 眼 隔

体長と眼隔の関係は第 3 図 H、第 4 図 H'、第 5 図 H および第 6 図 H' に示す通りである。各成長群間における係数（体長/眼隔）の平均値は伸長期では B から D までの各群間、変態期では B' と C'、D' と E'、および E' と F' の各群間においてそれぞれ有意差が認められる。すなわち伸長期にあっては、眼隔の体長に対する割合は B から C に移る際は増し、反対に C から D に移る際には減る。このことは B から C に移る際、体の伸長の割合よりも眼隔の伸びの割合が著しく大きく、反対に C から D に移る際には C のもつ眼隔の伸びが遅滞することを示している。他方変態期では、B' から C'、D' から E' および E' から F' に移る際は体長に対する割合が増大している。つまり B' から C' に移る際の眼隔それ自体にはほとんど伸びがみられないが、体が縮小することによって、係数値の増加がみられ、D' から E' に、また E' から F' に移る際には体の縮小とともに眼隔の伸びが認められる。

h. 頭 高

体長と頭高の関係は第 3 図 I、第 4 図 I'、第 5 図 I および第 6 図 I' に示す通りである。各成長群間の係数（体長/頭高）の平均値について検討すると、伸長期の A から C までの各群間、また変態期では B' から H' までの各群間にそれぞれ有意差が認められる。すなわち伸長期では A から C まではしだいに体に対する頭高の割合が減少し、ことに B と C の群間でこの傾向は著しくなる。これは成長度の高い C においては体の伸長にともなう頭高の増加割合が小さくなることから起る。他方変態期においては頭高が体長に対して占める割合がしだいに増してくるが、これは第 3 図 I' で示されているように、各群間を通じて頭高はほとんど一

定しているのに、体はしだいに縮小するためである。さらに変態を完了する直前から完了して稚魚になる時期に著しい頭高の増加がみられる。

i. 体 高

体長と体高の関係は第3図 J, 第4図 J', 第5図 J および第6図 J' に示す通りである。各成長群間の係数(体長/体高)の平均値について検討すると、伸長期は B と C の群間、変態期では B' と C' および D' と E' の各群間においてそれぞれ有意差が認められる。つまり伸長期の B から C に成長する際は体長に対する体高の割合が減少し、変態期では B' から C' に至る間において増大し、D' から E' に移る群間では再び減少している。これは伸長期にあつては、体の伸長とともに体高もしだいに高くなっているが、成長度の高い B から C への成長群間に体高の増加量が相対的に小さくなること、変態期においては体の縮小する割合の高い時期である B' から C' に至る成長群間では体高の減少率が体長の縮小率に対して少なくなっていることを示している。しかしその後 D' から E' に移る際の体高の減少は著しくなる。したがって、A から稚魚になるまでの成長過程におけるこの形質の著しい変化は伸長期の B から C に、また変態期の D' から E' に移行するときにみられる。

j. 体 幅

体長と体幅の関係は第3図 K, 第4図 K', 第5図 K および第6図 K' に示す通りである。各成長群の係数(体長/体幅)の平均値について検討すると、有意差の認められるのは伸長期においては、B から C への区間、変態期では D' から E' への区間に示される。体幅の体長に対して占める割合は B から C に移る区間では減少し、D' から E' に移る際には急激に増加する。伸長期に体幅の体長に対する割合が減少することは仔魚の成長度がこの時期に大きいためである。変態期には D' から E' に成長する時期に体幅の増加が著しくなる。

k. 胸 鰭 長

体長と胸鰭長の関係は第3図 F, 第4図 F', 第5図 F および第6図 F' に示す通りである。各成長群における係数(体長/胸鰭長)の平均値は変態期の D' から E' に至る間においてのみ有意な差が認められる。すなわち D' から E' に移る際に体長に対して胸鰭長の占める割合が増加している。

2. 体 節 的 形 質 の 比 較

従来ウナギ目魚類の仔魚の研究においては、全筋節数、頭の後端から肛門位置までの筋節数、尾部の筋節数、背鰭の始部直下から肛門までの軀幹における筋節数、大動脈から下方に走る三大血管が位置する筋節の位置などが仔魚の種類およびその成長段階を知るための重要な形質とされている。本種の筋節数についてしらべた結果は次の通りである。

a. 筋 節

供試尾数 537 尾(伸長期標本 405 尾, 変態期標本 132 尾)の測定結果では全筋節数が 136~149 個の範囲で、その分布はほぼ正規型をとり、平均値は 141.28 ± 0.06 , 標準偏差は 1.93 ± 0.04 である(第9図)。内田(1932)の結果も 139~144 で著者の調査結果と大差がない。日本産の他のウナギ目魚類についてみると、ウナギでは 118~120, ハモでは 146~152 である。SCHMIDT (1914, '16) および JESPERSEN (1942) はウナギ科の数種の成魚の脊椎骨数とそれぞれの仔魚の筋節数とを比較し、平均値において後者の方が1つ多い傾向があることを報告している。この点について検討すると、周防灘産マアナゴの成魚の脊椎骨数は 138~144, 平均値は 143.00 ± 0.74 で筋節数の方が2箇所少ない結果がみられた。

第2表の方法で各成長群の肛門前部筋節数(preanal myotomes), 肛門と背鰭始部の間の筋節数(anodorsal myotomes) および肛門後部筋節数(postanal myotomes)を示すと第17表および第18表の通りである。

FORD (1931) はヨーロッパ産ウナギの仔魚の成長とともに起る肛門の位置の変化およびそれともなう体の各部の筋節数の変化について報告しているが、それによると伸長期において肛門および背鰭起部は最

Table 17. Showing number of preanal, ano-dorsal and postanal myotomes in relation to size group in developing stages of *C. myriaster*. Abbreviated letters are p. 2. No., number of specimens.

Items	Groups	A			B		
		No.	Mean value	Standard deviation	No.	Mean value	Standard deviation
Preanal myotomes		10	114.60±0.57	2.65±0.40	88	114.99±0.32	4.47±0.23
Ano-dorsal myotomes		10	41.00±0.56	2.80±0.42	88	41.43±0.19	2.68±0.13
Postanal myotomes		10	25.50±0.69	3.23±0.48	88	25.68±0.32	4.45±0.17

No.	C		No.	D		No.	E	
	Mean value	Standard deviation		Mean value	Standard deviation		Mean value	Standard deviation
190	111.83±0.36	7.40±0.26	110	111.32±0.43	6.75±0.31	6	109.83±1.29	4.70±0.92
189	39.99±0.19	3.78±0.13	111	39.59±0.11	3.46±0.16	6	38.84±0.69	2.52±0.49
188	29.28±0.35	7.08±0.25	111	30.45±0.35	6.56±0.30	6	30.20±1.27	4.61±0.90

Table 18. Showing number of preanal, ano-dorsal and postanal myotomes in relation to size group in metamorphosis stages of *C. myriaster*. Abbreviated letters are p. 2. No., number of specimens.

Items	Groups		A'			B'			C'		
			No.			No.	Mean value	Standard deviation	No.	Mean value	Standard deviation
Preanal myotomes	1	76	42	76.98±	1.05	10.10±	1.84	73	75.77±	0.88	11.20±0.63
Ano-dorsal myotomes	1	26	42	30.05±	0.33	3.19±	0.23	73	30.47±	0.32	4.09±0.23
Postanal myotomes	1	61	42	65.20±	0.99	9.55±	0.78	73	67.89±	0.85	10.82±0.60

D'		
No.	Mean value	Standard deviation
15	68.27± 2.35	13.49± 0.17
15	28.67± 0.96	5.55± 0.68
15	71.20± 2.42	13.91± 1.71

Table 19. Reliability corresponding to respective columns in Table 17 and 18.

Items	$M_B - M_C$	$M_E - M_{B'}$	$M_{B'} - M_{D'}$	$M_C - M_{D'}$
Ano-dorsal myotomes	1.44	8.79	1.58	1.80
Postanal myotomes	3.60	35.09	5.91	3.31

$\frac{M_B - M_C}{\sqrt{(P_{E_B})^2 + (P_{E_C})^2}}$	$\frac{M_E - M_{B'}}{\sqrt{(P_{E_B})^2 + (P_{E_B'})^2}}$	$\frac{M_B - M_{D'}}{\sqrt{(P_{E_B'})^2 + (P_{E_{D'}})^2}}$	$\frac{M_C - M_{D'}}{\sqrt{(P_{E_C'})^2 + (P_{E_{D'}})^2}}$
5.33	15.66	1.56	1.76
7.66	21.80	2.26	1.29

初に位置していた筋節を越えない。この点について各群の示す平均値をもつて各成長段階における代表値とみなし、成長にともなう前進する背鰭および肛門の位置と筋節数との関係を統計的に処理した結果、FORD (1931) のいう結果とは一致しなかった。すなわち伸長期の B と C の間、伸長期の末期 E と変態期の B' の間、C' と D' および B' と D' の各群間のものにおける肛門と背鰭起部の間の筋節数、肛門後部の筋節数などの平均値を信頼度で比較した結果(第19表)、伸長期では肛門と背鰭起部の間の筋節数および肛門後部筋節数が B より C の方が多く、E から変態期に入る際にさらにこれらの急激な増加がみられる。その後シラス期に入るまで、すなわち体長 100~90 mm (D) までは筋節数の変化がみられずシラス期に入ると再び肛門後部筋節数の増加がみられる。変態を完了した稚魚では、外部からは筋節が不明瞭となり数の測定が困難となるが最小体長 68.6 mm の標本では肛門前部筋節数は 44、肛門と背鰭起部の間の筋節数は 28 で、D' と比較すると背鰭起部の位置は第 24 節、肛門の位置は第 23 節にあり、それぞれ前進しているのを認めた。

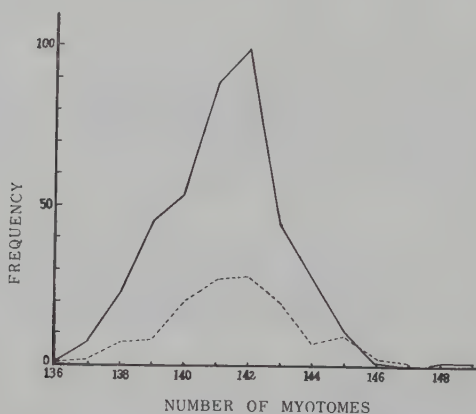


Fig. 9. Frequency distribution of total number of myotomes in *C. myriaster*. Black line, developing stages (larva); dotted line, metamorphosis stages (semi-larva and semi-elfer).

以上のことから、肛門、背鰭および臀鰭の前進は最初位置していた筋節を越えて行われることが明らかで、この点ウナギと異なる点として注目に値する。FORD (1931) は伸長期における背鰭、臀鰭の両起部および肛門の前進が最初に位置していた筋節を越えない点に関し、前者では軟条間の組織の発達が基底長の増大を越えて発達し、後者すなわち肛門の前進は直腸の収縮によって起るとした。マアナゴにおいては両鰭の前進は最初に位置していた筋節を越えることから、分布する神経*の収縮がその一次的要素としてあげるのはないかと考えられる。

*背鰭および臀鰭の第 1 軟条に位置する副射軟骨と筋節の間にみられる神経分布について FORD(1931) がヨーロッパ産ウナギの仔魚で詳細な観察をしている。著者は伸長期のマアナゴ標本を用いて各筋節の上下両前縁から副射軟骨に連絡する神経分布をしらべた。それによると神経分布のみられる最前位の副射軟骨と神経連絡のみられる副射軟骨と筋節の相対的位置については細部にわたって観察できなかったが、各筋節より後方に走る神経末端は決らず副射軟骨に終り、隣りあった筋節より出る 2 本の神経が連絡する副射軟骨の間に 2~3 個の神経と連絡しない副射軟骨が含まれており、各神経は体軸に対してほとんど平行に走り、神経束を形成していることが認められた。

b. 大動脈より下方に走る3大血管

ウナギ科の仔魚の査定に SCHMIDT (1914, '16a) および JESPERSEN (1942) は筋節のほか、大動脈から下方に走る3大血管の位置を重要形質として採択している。

マアナゴでは大動脈から下方に走る多数の血管のうち、著しく太い血管が3本(4本のばあいもみられた)腹大動脈に連絡している。これらの3大血管を前方からそれぞれ I, II, III と略称し、筋節に対するこれらの位置を第20表に示した。供試標本は10尾で、いずれも伸長期の透明な個体である。測定結果によると I は13~16節, II は42~47節, III は49~51節にそれぞれ位置し、さらに III は分枝していることが多く、このばあい後方の分枝の始部は前方の分枝より2~3節後方の筋節に位置している。JESPERSEN (1942) はこれら3大血管の位置する筋節までのそれぞれの筋節数の総和を求めている。本種の伸長期のものではこれらの総和は140~141である。

Table 20. Position of three vertical blood vessels in relation to myotomes in both developing and metamorphosis stages of *C. myriaster*.

Blood vessels Body length in mm	I	II	III
87.8	15	?	51
96.0	16	?	49
102.7	13	42	49
103.2	13	43	49
103.8	14	46	51
112.0	14	46	50
115.0	14	45	49
116.2	16	47	51
116.2	14	43	49
119.0	13	44	49

3. 幼 歯

ウナギ科魚類における幼歯については SCHMIDT (1906), GRASSI (1913) および JESPERSEN (1942) などの詳細な報告がある。これらによると仔魚期にみられる幼歯は変態期に入って徐々に脱落し、変態完了後新たな歯の発生をみることが明らかにされている。伸長期のマアナゴ標本40尾について体長別に観察し、その結果を第21および第22表に掲げた。伸長期のマアナゴでは上顎の先端に1本の把握歯 (gripping tooth) があり、さらにその上部に1本の尖った細い歯 (slender tooth) がみられる。把握歯の後方には大きい前歯群 (anterior group) と小さい後歯群 (posterior group) とがみられる。下顎には上顎にみられるような細歯はない。上顎歯数は下顎歯数より多い。つまり把握歯を除き上顎歯は17~23本〔V~IX (前歯群) + 11~15 (後歯群)], 下顎歯は14~19本〔IX~XIV (前歯群) + 5~7 (後歯群)] をそなえている。

JESPERSEN (1942) はヨーロッパ産ウナギの把握歯、大型および小型歯帯について述べているが、それによると、全長22 mmの仔魚で把握歯のほか II + 4 の前後の両歯帯がみられ、体の成長とともに歯数が増加することを認めた。本実験では供試材料の最小体長が85 mmで、この時期までにすでに幼歯の発生が完了しており、初期における発生および過程の観察はできなかった。成長した伸長期のものでは、下顎には大型歯が、上顎には小型歯がそれぞれ多いことが観察されたが歯数と体長との間には一定の関係が見出せず、すべて個体変異のうちに抱括された。変態期に入ると幼歯の脱落が始まり93.2 mmの標本では全部の幼歯が脱落していた。それまでの過程をみるに、まず slender tooth および把握歯が脱落し、ついで前方のものから順次後方に脱落が起る傾向がある。この際、上顎歯が下顎歯よりも早期に脱落を完了する傾向が認められた (第10図)。

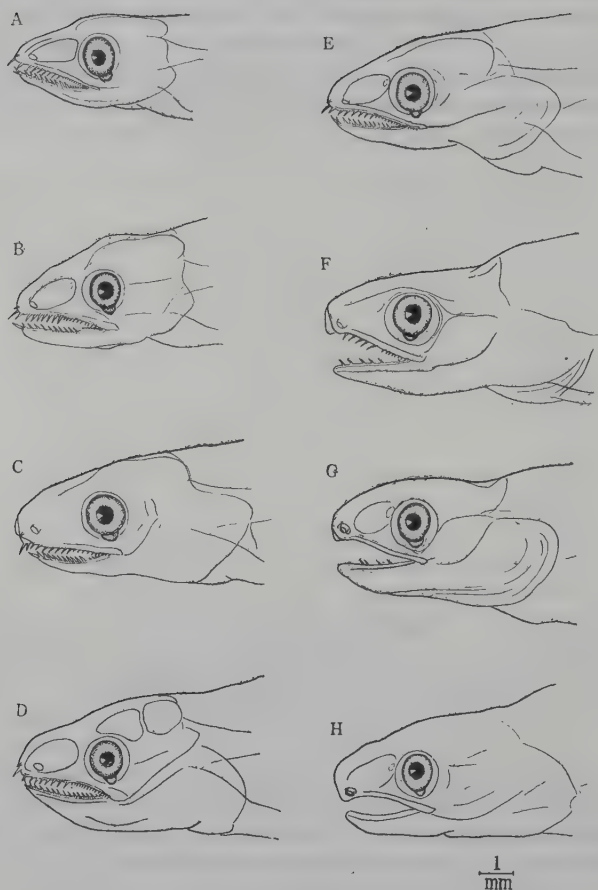


Fig. 10. Head of *C. myriaster* in both developing and metamorphosis stages. Body length (mm): A, 85.4; B, 92.6; C, 104.2; D, 115.0; E, 123.5; F, 115.0; G, 103.8; H, 93.2. A—E, developing stages; F—H, retrograde metamorphosis stages.

Table 21. Number of teeth in upper border of the mouth divided into anterior (V—IX) and posterior groups (11—15) in relation to body length in developing stages of *C. myriaster*. The figures in each column indicate the number of individuals.

Teeth Body length (mm)	V			VI				VII					VIII				IX
	12	13	14	12	13	14	15	11	12	13	14	15	12	13	14	15	12
118~119										1							
117~118										1				1			
116~117																	
115~116																	
114~115										1					1		
113~114																	
112~113																	1
111~112								1			1						
110~111			1								1						
109~110																	
108~109																	
107~108																	
106~107										1						1	
105~106											1						
104~105																	
103~104										2							
102~103									1								
101~102			1					1									
100~101												1				1	
99~100					1					1		1					
98~ 99	1									1							
97~ 98										1							
96~ 97									1		1						
95~ 96							1										
94~ 95																	
93~ 94																	
92~ 93										1							
91~ 92																	
90~ 91					1				1								
89~ 90			1					1									
88~ 89				1		1											
87~ 88																	
86~ 87																	
85~ 86				1					1	1			1				
Average length	98.5	—	100.5	87.0	95.0	88.5	95.5	100.8	93.8	103.4	106.0	100.0	85.5	117.5	114.5	103.5	112.5

Table 22. Number of teeth in the lower border of the mouth divided into anterior (IX—XIV) and the posterior groups(3—7)in relation to body length in developing stages of *C. myriaster*.
The figures in each column indicate the number of individuals.

Teeth Body length (mm)	IX			X				XI					XII				XIV
	5	6	7	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	4
118~119										1							
117~118										1				1			
116~117																	
115~116																	
114~115									1							1	
113~114																	
112~113																	1
111~112												1			1		
110~111							1				1						
109~110																	
108~109																	
107~108																	
106~107			1											1			
105~106						1											
104~105																	
103~104												1				1	
102~103	1																
101~102			1		1												
100~101									1							1	
99~100					1					1		1					
98~ 99	1				1												
97~ 98						1											
96~ 97				1						1							
95~ 96										1							
94~ 95																	
93~ 94																	
92~ 93						1											
91~ 92					1			1									
90~ 91																	
99~ 80					2												
88~ 89								1				1					
87~ 88																	
86~ 87																	
85~ 86					1			1	1	1							
Average length	100.5	-	104.0	96.5	93.6	98.5	110.5	88.5	100.2	102.1	99.5	104.8	106.5	117.5	111.5	106.2	112.5

4. 成長区分およびその代表的な形態

前項で伸長期および変態期の各供試材料の外部形態を統計学的に処理し、各体長群間の差異について総括し（第23表）、また各成長群における各部位の変異性についても検討した。本項ではこれらの研究にもとづき、伸長期および変態期のものを以下に述べるように区分し、各区分について詳述する。なお、供試材料のうち変態後期に属する数個体の標本は飼育水槽で飼育したものを加えて観察した。

Table 23. Comparison of average coefficients of respective biometrical characteristics in each class in both developing and metamorphosis stages of *C. myriaster*. Note: +, significant; =, insignificant; (), significance in homogeneity test of population variance. For abbreviations of characteristics of body, see Table 2.

Items	Stage		Developing stages					Metamorphosis stages							Elver stage
	Groups		A	B	C	D	E	A'	B'	C'	D'	E'	F'	G'	E'
DL into BL			—	—	—	—	+	—	+	(—)	(—)	—			—
TI into BL			—	+	—	—	+	—	—	—	—	—			+
HL into BL			—	+	+	—	—	—	+	—	+	—			—
ADL into BL			—	+	—	—	+	—	—	(—)	(—)	—			—
IS into BL			—	+	+	—	—	—	+	—	(+)	+			—
BD into BL			—	+	—	—	—	—	—	—	(+)	—			—
BH into BL			—	+	—	—	—	—	(+)	—	+	—			—
SL into BL			+	+	+	—	—	—	+	+	—	—			—
ED into BL			+	—	—	—	—	—	+	—	—	—			—
HH into BL			+	+	—	—	—	—	(+)	+	(+)	+			+
ML into BL			—	+	+	—	—	—	(+)	(+)	—	—			—
PL into BL			—	—	—	—	—	—	(—)	—	(+)	—			—

a. 伸長期の成長区分

伸長期にある各体長区間の各部の係数の平均値に著しい変異がみられるのは B から C および C から D に成長する時期である。しかし前者は後者より有意差の認められる部位の多いこと、しかも C から D に移る際の形質変異は B から C に成長する際に始まって D において安定し、その後変態期に移行するまでその形質に差異が認められないことから、伸長期の区分は B までの時期と C から変態期に入る直前の最大体長をもつ時期までに2分するのが適当と思われる。したがって供試範囲内では A から B までの時期と C から E までの時期に大別できる。前者を伸長期中期 (middle developing stage)、後者を伸長期後期 (last developing stage) とし、これに卵から孵化して伸長期中期に至るまでの時代を伸長期初期 (early developing stage) とすると、伸長期は3つに大別される。各時期の代表的な仔魚を第11図 A—E に示した。

b. 変態期に入る際の変化について

伸長期と変態期の識別基準については、既述のように背鰭基底長および臀鰭基底長の体長に対して占める割合ならびに頭長の3形質によった。これは伸長期の末期から変態期にかけて上記3形質に著しい変化が認められるからである。つまり伸長期の末期にあたる E と変態期の A' の区間においては頭長の割合のほか背鰭基底長および肛門と背鰭基部までの距離の3部位に著しい有意な差が認められる。しかし肛門と背鰭基部までの距離は背鰭基底および臀鰭基底長の変化に附随してみられる相対的形質である。そこで本形質を除いて両鰭の前進度合をみると伸長期の E における背鰭基底長および臀鰭基底長は体長のそれぞれ42% 弱および13% 程度であるが、変態期に入ると前者が60%、後者が38%程度となる。つまりいずれの鰭も前進するが、臀鰭の前進度合が背鰭のそれよりも著しくめだっている。

c. 変態期における成長区分

SCHMIDT (1909) はヨーロッパ産ウナギの変態期仔魚の成長区分を行い、これを6つの成長段階に分けた。すなわち

- 第1期, 体は側扁し, はば柳の葉の形をなす。歯列は完全か, または少数のものが脱落している。尾部長 (postanal length)* は全長のおよそ28~34%を占める。色素は全くない。
- 第2期, 体は本質的には第1期と同じである。しかし上として頭部に近い部分と尾部の縁辺部は第1期におけるよりも細くなっている。幼歯はほとんどまたは大部分が脱落している。尾部長は全長のおよそ45~53%。わずかの内部色素が尾部の縁辺部に現われ始める。
- 第3期, 体はなお中央部が高い。しかし前部と後部は第3期の初期においてもかなり細いので, 頭部はとくにははっきりとめだつ。幼歯を失っている。尾部長は全長のおよそ58~61%。内部色素は尾部の縁辺において増し, わずかの外部色素が尾部の基部に出現する。
- 第4期, 体の中央部は前期よりもかなり低くなり, 体幅は著しく増加する。そしてこの期のおわり頃には体はすでに円筒状にちかくなる。神経間棘および血管間棘のそなわる部分と体の内部輪郭との間にみられる透明帯はまだ細く残っている。かなり大きな色素胞が尾部の縁辺の両内側と鰭の表面に現われる。
- 第5期, 前期におけるよりも体高は著しく低く, 体幅はかなり縮小する。神経間棘および血管間棘と体の内部輪郭との間にみられた透明帯は消失する。表面色素が頭部に現われはじめるが, 軀幹や尾部の背側部ではまだ明瞭でない。
- 第6期, 体は円筒状となり, 体の背部および側部の大部分に色素胞が発達する。

以上のように SCHMIDT は変態期を区分するのに幼歯の有無, 体の内部色素と表面色素の発達状態, 肛門までの長さ, 尾部長の体長に対する割合, 体高および体幅などの外部形質の変化をあげている。また GRASSI (1913) は変態期を色素によって第24表に示したような成長段階に分けた。

Table 24. Grassi's classification of the metamorphosis stage of the European eel in relation to progressive development of pigmentation (after GRASSI, 1913).

Designation	Stages	Pigmentation
Larva	I	Leptocephalus at full growth. Pigmentation only ocular.
Semi-larva	II	Nerve-cord pigmentation posterior.
	III	Nerve-cord pigmentation more extensive. Cutaneous pigmentation at the extremity of the caudal fin.
	IV	Nerve-cord pigmentation reaching the head. Cutaneous pigmentation invading all the caudal fin.
	V	A B ... No cerebral nerve-cord spot. Caudal cutaneous pigmentation. ... One cerebral nerve-cord spot.
Elver	VI	A B ... Caudal and maxillary cutaneous pigmentation. I, II, III, IV. Dorsolateral cutaneous pigmentation to the limits of the muscular segments (zebra aspect). ... Dorsolateral cutaneous pigmentation, generalised.
Anguillettes or "nearly yellow eels."		

著者は12の外部形質の統計の結果(第23表)と生物学的な観察にもとづいてマアナゴの変態期の成長区分を行った。伸長期から変態期への移行期には背鰭基底長, 肛門と背鰭基部の間の距離および臀鰭基底長など

*SCHMIDT (1906) および STRUBBERG (1913) は肛門より尾鰭基底までの距離を採用し, これを postanal length と呼称した。これは FORD (1931) の使用している length of tail (ano-caudal distance) と同じものであると思われるので, 本章ではこれを尾部長と呼称して使用する。

に有意な差を生じるが、他の諸形質には著しい変化が起らない。しかし B' から C' および D' から E' への成長過程においては、体の各部位の長さの割合に有意な差を生じてくる。すなわち B' から C' への成長の際には背鰭基底長、頭長、眼隔、体高、吻長、眼径、頭高および上顎長などの体長に対する割合が増し、幼魚が脱落し始める。D' から E' への成長過程でさらに頭長、眼隔、体幅、頭高および胸鰭長の割合が増し、体高の割合が小さくなるとともに幼魚が完全に脱落消失する。

以上の結果から変態期は A' ~ B', C' ~ D', E' ~ G' の 3 期に区分され、それぞれ変態初期 (early metamorphosis stage), 変態中期 (middle metamorphosis stage), 変態後期 (last metamorphosis stage)* とすることができる。なお A' ~ B' および C' ~ D' の成長段階では、まだ柳の葉のような形態を残すので半仔魚期 (semi-larval stage), 変態後期に達すると柳の葉の形を脱して稚魚や初期の未成魚の形に近くなっているため、これを半稚魚期 (semi-elver stage) とみなすことができる。さらに E' ~ G' のものは後述の結果から 4 区に分けられ、それぞれ変態後期第 1 ~ 第 4 期とした。したがって変態期の成長過程は 6 期に細分できる。

実験範囲における変態後期の標本の体長は 94.3 ~ 68.6 mm である。しかし変態中期から変態後期に入るとき、大部分の個体は 90 mm 以下に縮小している。つまり体長 90 ~ 94.3 mm の標本の多くは変態中期の成長段階に該当し、まだ変態後期の体形を整えていない。よって変態後期の標本として認められた 90 ~ 94.3 mm の数個個体は体の縮小がまだ取り残されている状態、すなわち半移行期と考えられる。

水槽で飼育し、各体長別に固定した標本の外形観察の結果は次の通りである。

94.3 mm の標本では体の前部およそ 25 % までは幅を増し、高さを減じて幾分丸味をおびるが、体の後部はまだ体高が高く変態中期の仔魚のように側扁している。色素胞は全くみられず、したがって体は白色不透明である。背鰭基底長および臀鰭基底長の体長に対する割合は、それぞれ 72 % および 51 % となり、幼魚は完全に脱落している。

86.0 および 83.2 mm の 2 標本では体の前部およそ 30 % が丸味をおび、体の後方はいまだ側扁形である。色素胞は頭部と尾部の末端部分に発達し始める。体長に対する背鰭基底長は 64 ~ 78 %, 臀鰭基底長は 35 ~ 59 % に達する。すなわち 86.0 mm 標本では前者が 78 %, 後者が 59 %, 85.2 mm 標本では 64 % および 35 %, 83.2 mm 標本では 65 % および 51 % を示している (第 11 図 I)。

82.1 mm 標本では体の前半部が丸味をおび、後半部も幾分その傾向をおびてくる。色素胞は頭部に発達し、さらに尾部末端から発達した色素胞は体の背側部 (側線より上部) において前方へ広がる。背鰭および臀鰭基底長はそれぞれ 71 % および 51 % を占める。

75.4 mm の標本では稚魚や初期未成魚に類似した体形を示す。色素胞は頭部、尾部および体の背側部にそれぞれ発達し、生魚ではこれらの部分は淡緑色にやや赤味をおびた色調を示すが、稚魚や初期未成魚におけるより淡く、吻は尖る。背鰭および臀鰭の基底長はそれぞれ 81 % および 62 % を占める (第 11 図 J)。

68.6 mm の標本では体形は稚魚や初期未成魚に著しく似ているが、吻は丸味をおび鈍く、稚魚より頭高が著しく低い。色素胞は頭部、尾部および体の背側に一様に発達する。色調は稚魚におけるより淡く、白色部分がめだつ。背鰭および臀鰭の基底長は稚魚や初期未成魚のそれ (第 11 図 L) に相似し、それぞれ 82 % および 62 % を占める (第 11 図 K)。

以上の統計的吟味および生物学的な観察から変態後期を 4 期に区分した：

変態後期第一期

体高は低くなり、体の前部および 25 % までの体幅は増加し、その部分は幾分丸味をおびるが、それより

*従来シラス期 (glass eel stage) なる用語が使用されているが、これに対する生物学的な記載がないようで、その規定は漠然としている。本研究にもとづいてマアナゴのシラス期について検討すると、次の成長段階が該当するように思われる。すなわち変態後期 (半稚魚期) に当り、体形はほぼ稚魚のそれに類似しているが、なお吻部および尾部は稚魚や初期未成魚と異った形態をもち、かつ体の表面に色素胞の完全な発達が見られない白色不透明な時期である。

後部の体幅はまだ増加せず、その部分は側扁する。色素胞は全く発達していない。幼歯は完全に脱落している。背鰭および臀鰭の基底長はそれぞれ70%および50%を占め、体長はおよそ90mmに縮小している。

変態後期第二期

体は前部30~35%程度の部分までが幅を増し、丸味をおびるが、体の後部はなお側扁している。色素胞

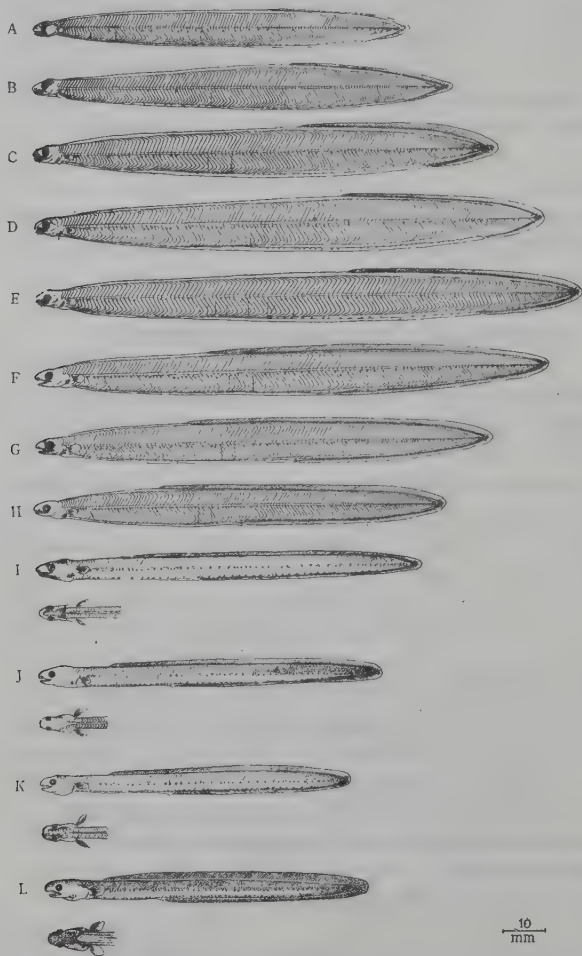


Fig. 11. Larvae and elvers of *C. myriaster*. Body length(mm): A, 85.4; B, 95.0; C, 105.5; D, 116.0; E, 124.5; F, 117.5; G, 103.5; H, 93.5; I, 86.0; J, 75.4; K, 68.6; L, 73.0. The figure is given eight larval stages, such as: middle developing stage (A—B), last developing stage (C—E), early metamorphosis stage (F), middle metamorphosis stage (G—H), sub-stage I in last metamorphosis stage (I), sub-stage III in last metamorphosis stage (J), sub-stage IV in last metamorphosis stage (K), and elver stage (L).

は頭部と尾部末端に発達し、さらに後者ではしだいに体の背側部にそって前方へ発達し始める。背鰭および臀鰭の基底長は第一期とはほとんど変わらない。体は 85~75 mm 程度に縮小している。

変態後期第三期

体の輪郭は稚魚のそれに相似し、全体が丸味をおびる。しかし色素胞はまだ完全に発達せず、吻型は第二期におけると同様に先端部がやや尖る。背鰭および臀鰭の基底長はそれぞれ 80 % および 60 % 程度に前進し、稚魚のそれぞれに似る。体は 75~70 mm 程度に縮小する。

変態後期第四期

変態完了直前の最小体長をもつ時期のもので、外見上は稚魚と区別することが困難なほどよく似ている。しかしまだ色素胞の完全な発達は見られず、体色は淡くて全体に白色部がめだち、変態後期の色調は失われている。吻の先端は鈍く、幅は広く、頭高は稚魚におけるより低い。

以上の結果にもとづいて仔魚が稚魚に成長するまでの成長段階を一括して表示すると第25表の通りである。

Table 25. Showing the division in the process of growth from larva to elver of *C. myriaster*.

Designation	Stages
Larva (Leptocephali)	Larva { Early developing stage Middle developing stage Last developing stage
	Semi-larva { Early metamorphosis stage Middle metamorphosis stage
Elver	Semi-elver { Last metamorphosis stage { I sub-stage II sub-stage III sub-stage IV sub-stage
	Elver { Young stage

要約ならびに考察

SCHMIDT (1909) は幼魚、体の内部および外部色素の分布状態、尾部長、体長および体幅が体に対して占める割合などから、ヨーロッパ産ウナギの変態期を6つの成長段階に区分した。これに対し、マアナゴの伸長期の仔魚は臀鰭基底長、頭長、肛門から背鰭起部までの距離、眼隔、体幅、体高、吻長、頭高、上顎長および眼径などの10重要形質を用いて少なくとも3つの成長段階に大別される。また変態期のものは初期、中期および後期の3成長段階に、変態後期のものは色素胞の発達程度、背鰭、臀鰭の前進度合および外形などからそれぞれ第一期から第四期に区分される。ここで SCHMIDT (1909) の変態期における成長区分とマアナゴの成長区分を比較すると、SCHMIDT による Stage I は変態前期に相当し、Stage VI は変態後期第四期に当り、その間における両者の形態的成長過程はほぼ相似していることが認められる。

SCHMIDT (1906, '14, '16), STRUBBERG (1913) および JESPERSEN (1942) などはウナギ類で伸長期の最末期まで、すなわち卵から孵化して最大体長に達するまでの間を仔魚またはレプトセファルス(Leptocephalus)の名称をあたえた。GRASSI (1913) も SCHMIDT や JESPERSEN などと同じように伸長期のものを仔魚としたが、変態初期において半仔魚 (semi-larva) の成長段階を認め、この名称をあたえている。マアナゴにおいては GRASSI (1913) がヨーロッパ産ウナギで観察したように、変態期の初期および中期のものは背鰭および臀鰭基底長にそれぞれ変化が認められるが体の概形はまだ柳の葉のような状態を保ち、色素の発達がみられず半仔魚の段階を認める。よってマアナゴでは変態中期のおわりまで仔魚またはレプトセファルス(Leptocephalus)の名称をあたえるのが適当と思われる。また GRASSI (1913) のヨーロッパ産ウナギにおける稚魚の Stage V の成長段階(第24表)は明らかに半稚魚と考えられる。一方マアナゴでは吻形、色素胞の発達程度などの特徴から

半稚魚の名称を用いるのがもっとも適当と思われる成長段階を認めることができる。

仔魚の筋節数と成魚の脊椎骨数との関係は、SCHMIDT (1914, '16) および JESPERSEN (1942) によるヨーロッパウナギの研究では筋節数の方が平均値において 1 個多い傾向がある。しかし筆者の周防灘産のマアナゴの研究では反対に筋節数が脊椎骨数より 2 個少ない。これは個体の実際値は筋節数が脊椎骨数より多い筈で、両者あるいはいずれか一方の標本が個体変異にもとづくかたよりをもつことに起因する結果と思われる。

マアナゴの仔魚および稚魚の体長の伸びおよび縮小について、内田 (1932) は変態前に 120 mm 内外、変態期に入って 130 mm 内外になることおよび変態完了時の最小体長がおおよそ 83 mm であることなどを報告している。この結果は著者の周防灘産のものについての結果と多少相違する。つまり前述のように変態直前に最大体長を示し、変態期に入ってから体の伸長は認められなかった。この点 GRASSI (1913) はヨーロッパ産ウナギで仔魚の最末期が最大体長をもつことを認めている。内田 (1932) と著者の研究における最大体長および最小体長の数値の相違はおそらく実験方法の相違にもとづく結果と思われる。すなわち生魚と死直後の個体、またこれらと固定（ホルマリン液またはアルコール液）した標本とのあいだ、さらに最初固定するときの液の濃度により若干の差がみられるからである。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するマアナゴの仔魚および稚魚の形態について追求し、とくにそれらの各成長段階における形態上の変化について検討した。
2. 伸長期は初期、中期および後期に分けられる。また変態期も初期、中期および後期に区分され、さらに変態期の後期は 4 期に細分される。そして変態期の初・中期は半仔魚、後期は半稚魚である。
3. 仔魚および稚魚の成長区分に関与する重要形質としては、伸長期では臀鰭基底長、頭長、肛門より背鰭基部の間の距離、眼隔、体幅、体高、吻長、頭高、上顎長、眼径の 10 形質、変態期では背鰭基底長、頭長、眼隔、体幅、体高、吻長、眼径、頭高、上顎長および胸鰭長があげられる。
4. 伸長期から変態期に移る際に最大体長を示すとともに、一時体の伸びは停止する。変態期に移る直前の体長は 110～120 mm である。
5. 変態完了直前の体長は 7.0 mm 以下で、変態期間の最小体長を示す。最大体長に対するこの際の体の縮小率は 58.3 % に当る。
6. 伸長期の中・後期にすでに完成されている幼歯として、上顎の各側に 1 本の細い歯 (slender tooth) と把握歯 (gripping tooth) があり、さらにその後方に大型歯よりなる前歯群と小型歯よりなる後歯群がみられる。下顎には slender tooth はないが把握歯の後方に前歯群と後歯群が発達している。上顎には大型歯が多く、下顎には小型歯が多い。
7. 幼歯の脱落は変態期に入ってから起る。その過程は前方から順次後方に移行する。この際、上顎歯が下顎歯よりも早期に脱落す傾向がある。全長 90 mm 前後に縮小するころ幼歯は完全に脱落し消失する。

第二章 雌雄による形態の相違

Chapter II. Morphological differentiation in sex

ま え が き

日本産ウナギ目魚類における雌雄の形態的相違に関する研究はウナギについて丸川 (1916)、松井 (1936, '52)、ハモについて野中と花淵 (1957) の報告がみられるにすぎない。雌雄の形態的相違や両者の変異性を究明することは種や個体群の特徴、および成長と生息環境との関係などの分野において重要な問題である。

このような考えからハモおよびマアナゴの雌雄による形態上の相違について研究した。

実験の材料および方法

供試したハモは始漁期および産卵期またはそれに近い時期に漁獲したものである。前者は1953年4月～6月に、周防灘中部水域の沿岸で漁獲したもので、産卵期またはそれに近い時期のものとしては、周防灘沖合水域で1953年7月～9月に、東支那海の南部沿岸水域(農林漁区575, 576附近)で1948年4月～5月に、蒲郡市三谷漁港(熊野灘沿岸産)で1953年7月にそれぞれ採集した標本のなかから成体を選んで供試した。マアナゴは1953年12月～1954年4月に周防灘水域、愛知県沿岸および宮崎県沿岸でそれぞれ採集した標本を用いた。供試魚は10%ホルマリン液で固定後測定した。魚体の外部の測定部位は全長(TL), 体長(BL), 頭長(HL), 軀幹長(TR), 尾部長(TI), 吻長(SL), 体高(BH), 胸鰭長(PL), 眼隔(IS), 眼径(ED), 眼高(EV), 胴廻り(R), 峡部の幅(GI), 鰓孔の長さ(GL), 吻端から背鰭基部までの距離(SD), 吻端から胸鰭基底までの距離(SP), 上顎長(ML), 下顎長(DL), 背鰭鰭条長(DF), 背鰭の高さ(DD), 臀鰭基底長(AFL), 尾鰭長(CL)および吻型として吻角と吻高を求めた。吻角は両眼の前縁を基線とする幅(B)と吻端から両眼前縁に切する断面に垂線の長さH(またはSL)との比(H/B)で、吻高は眼の前縁から上唇までの距離(h)と(H)との比(h/H)である。内部形態としては第13図に示す各形質を測定した。そして形態的に雌雄差が認められる限界を $4\sqrt{(P\bar{\epsilon}\bar{\sigma})^2 + (P\bar{\epsilon}\bar{\delta})^2} \leq |M\bar{\sigma} - M\bar{\delta}|$ とした。ただしMは平均値, $P\bar{\epsilon}$ は平均値の標準誤差である。ところでいずれか1群の標本が2個体以下のときは増山(1943)の棄却検定法によって有意差を判定した。なお、夏に周防灘水域に産するハモでは広頭型と狭頭型の2つの型が出現する。この2型については次章で改めて追求することとし、本章では広頭型の個体は除外した。

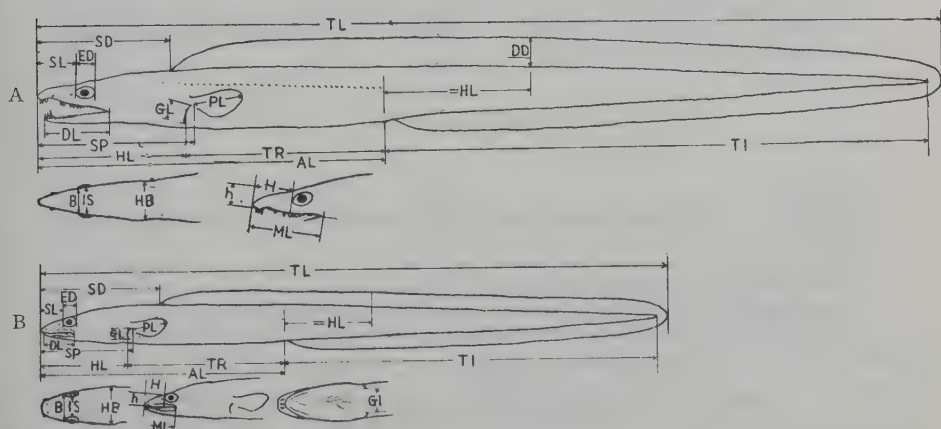


Fig. 12. Topography of two apodal fishes, *Muraenesox cinereus* (A) and *Conger myriaster* (B), showing how certain measurements are made. AFL, anal fin base length; AL, anal length; BH, body height; BL, body length; DD, dorsal fin depth; DL, mandible length; ED, eye diameter; EV, vertical eye diameter; GI, isthmus width; GL, gill-opening length; HB, head width; H/B, snout angle; h/H, snout height; HL, head length; IS, interorbital width; ML, upper jaw length; PL, pectoral fin length; SD, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; SL, snout length; SP, distance from tip of snout to origin of pectoral fin; TI, tail length; TL, total length; TR, trunk length.

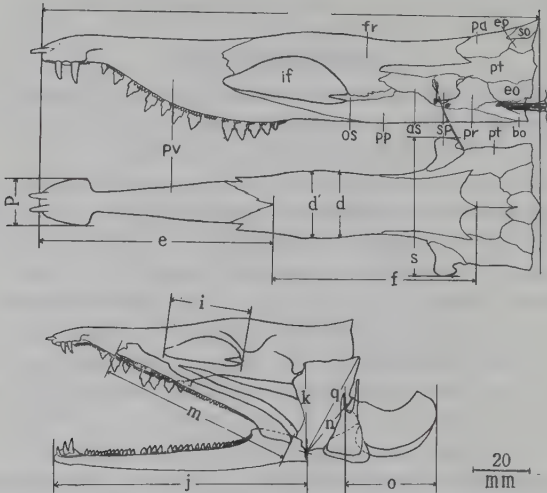


Fig. 13. Topography of the skull of a sharp-toothed eel, *M. cinereus*, showing how certain measurements are made together with the position of certain skeletal elements. d, width in swelling position of frontal; d', width of frontal; e, length of premaxillo-ethmo-vomerine plate; f, length of frontal; h, length of cranium; i, diameter of interorbital foramen; j, length of dentary; k, height of suspensorium; m, length of maxillary; o, length of opercle; p, width of premaxillary-ethmo-vomerine plate; s, width of cranium. as, alisphenoid; bo, basioccipital; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; if, interorbital foramen; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pp, parasphenoid; pr, prootic; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic.

実験結果

A. ハモ

1. 外部形態

4月～6月に周防灘中部水域の浅海で漁獲した標本を測定した結果を第26表および第27表に示した。

Table 26. Proportional measurements of various parts of body in *M. cinereus* expressed in hundredths of total length of body. The specimens were obtained from the Sea of Suō-nada, western part of the Inland Sea of Japan, in rainy season. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Male				Female			
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
(IS/TL) × 100	1.91~2.68 (44)	2.28±0.02	0.19±0.01	8.70±0.63	1.64~2.66 (65)	2.06±0.02	0.22±0.03	10.68±1.57
(EV/TL) × 100	1.09~1.68 (26)	1.41±0.02	0.17±0.02	12.06±1.15	0.97~1.51 (24)	1.25±0.20	0.14±0.13	11.20±1.09
(PL/TL) × 100	4.36~6.36 (28)	4.98±0.06	0.47±0.04	9.44±0.85	4.11~5.91 (33)	4.95±0.05	0.38±0.03	7.68±0.64
(ED/TL) × 100	1.43~2.38 (44)	1.88±0.02	0.24±0.02	12.77±1.36	1.48~2.41 (63)	1.86±0.01	0.18±0.01	9.68±0.60
(BH/TL) × 100	4.84~7.64 (29)	5.80±0.09	0.75±0.06	12.93±1.15	4.77~8.34 (32)	5.78±0.09	0.76±0.61	13.15±1.11

(R/TL) × 100	14.71~19.84 (15)	17.30± 0.27	1.53± 0.19	8.84± 1.09	15.13~24.22 (15)	18.74± 0.49	2.81± 0.34	15.39± 1.90
(DD/TL) × 100	1.85~ 4.28 (17)	2.82± 0.12	0.73± 0.09	25.89± 2.97	1.85~ 3.26 (24)	2.41± 0.53	0.40± 0.04	16.59± 1.61
(AFL/TL) × 100	36.69~43.42 (14)	40.62± 0.32	1.80± 0.23	4.43± 0.57	38.65~46.11 (22)	42.75± 0.28	1.96± 0.20	4.54± 0.47
(SL/TL) × 100	3.83~ 5.23 (38)	4.33± 0.03	0.32± 0.03	7.39± 0.57	3.62~ 5.50 (61)	4.46± 0.03	0.39± 0.03	8.74± 0.53
(SD/TL) × 100	12.10~16.27 (15)	14.17± 0.18	1.05± 0.13	7.41± 0.94	12.99~18.26 (22)	14.50± 0.17	1.18± 0.02	8.14± 0.83
(HL/TL) × 100	13.48~18.67 (29)	14.84± 0.31	2.49± 0.22	16.78± 1.48	13.98~18.72 (22)	15.74± 0.11	1.00± 0.08	6.35± 0.53
(AL/TL) × 100	36.04~42.74 (29)	39.57± 0.22	1.76± 0.15	4.45± 0.39	37.17~44.58 (26)	41.52± 0.21	1.78± 0.15	4.29± 0.38
(TR/TL) × 100	22.37~26.75 (29)	24.52± 0.15	1.19± 0.01	4.85± 4.29	23.19~28.34 (22)	25.68± 0.15	1.26± 0.11	4.91± 0.40
(TI/TL) × 100	56.05~62.30 (28)	58.57± 0.20	1.52± 0.13	2.60± 0.24	51.14~61.51 (21)	56.29± 0.24	1.96± 0.17	3.52± 0.30

Table 27. Reliability of sexual differences in proportional measurements of various parts of body in *M. cinereus* expressed in hundredths of total length of body. The results were obtained from the data shown in Table 26. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	M♂ - M♀	$\sqrt{(P\epsilon\text{♀})^2 + (P\epsilon\text{♂})^2}$	$\frac{M\text{♂} - M\text{♀}}{\sqrt{(P\epsilon\text{♂})^2 + (P\epsilon\text{♀})^2}}$	♂ : ♀
(IS/TL) × 100	0.22	0.03	7.33	>
(EV/TL) × 100	0.16	0.03	5.71	>
(PL/TL) × 100	0.003	0.09	0.04	=
(ED/TL) × 100	0.02	0.02	1.00	=
(BH/TL) × 100	0.02	0.13	0.15	=
(R/TL) × 100	1.44	0.55	2.62	=
(DD/TL) × 100	0.41	0.54	0.76	=
(AFL/TL) × 100	2.13	0.43	4.95	<
(SL/TL) × 100	0.13	0.04	3.25	=
(SD/TL) × 100	0.33	0.25	1.32	=
(HL/TL) × 100	0.90	0.33	2.73	=
(AL/TL) × 100	1.95	0.30	6.50	<
(TR/TL) × 100	1.16	0.21	5.52	<
(TI/TL) × 100	2.28	0.28	8.14	>

これらの表で明かなように、眼隔、眼高、臀鰭基底長、肛長、尾部長などに雌雄差が認められる。これらのうち、眼隔、眼高および尾部長の全長に対する割合はそれぞれ雄の方が大きく、他の形質では雌の方が大きい。

1) 肛長 (第26表, 第27表, 第14図C)

(肛長/全長) × 100の平均値は雄で 39.57 ± 0.22, 雌で 41.52 ± 0.21 で、両者間の信頼度は 6.50 を示す。熊野灘産でも同様に雌の方が大きく、両者間の相違が顕著である。また夏に沖合で漁獲した成熟魚体では雄に比し雌の方がこの値が大きい傾向が認められるが有意差はない。同様に東支那海産のものでも有意差は認められなかった。野中ら (1957) は東支那海産ハモの肛長 (ℓ) と全長 (L) との関係が $L = 2.01\ell + 131.20$ で表わされ、雌雄差は認められないことを報告している。

2) 尾部長 (第26表, 第27表, 第14図A)

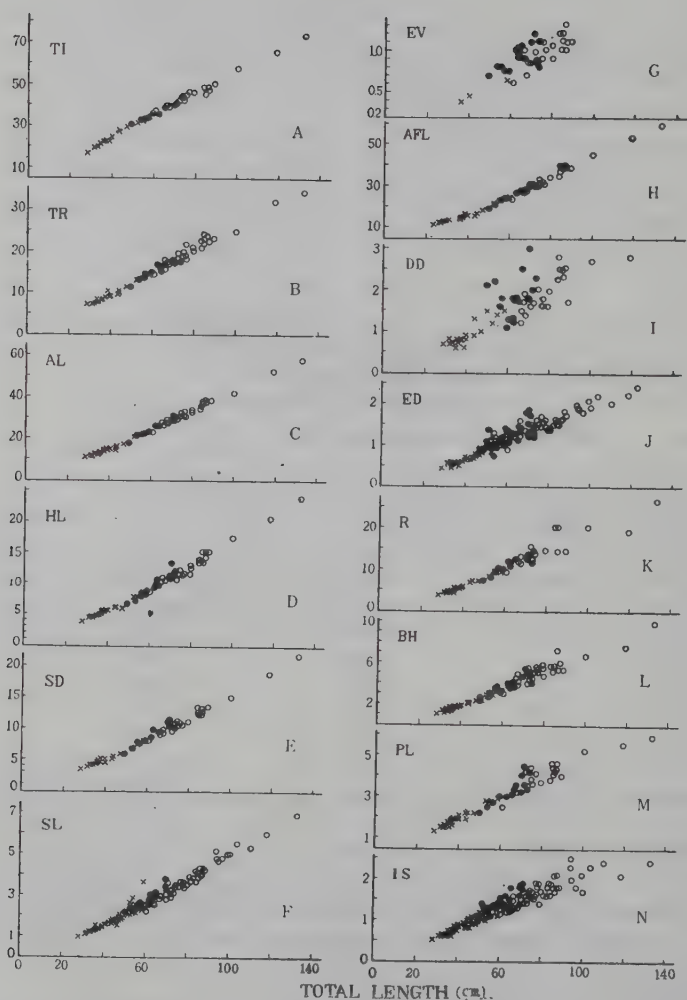


Fig. 14. Showing dimension (in cm) of body parts in relation to total length of body in male and female of *M. cinereus*. ●, male; ○, female; x, sex-unknown. A, Tail length; B, trunk length; C, anal length; D, head length; E, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; F, snout length; G, vertical eye diameter; H, anal fin base length; I, dorsal fin depth; J, eye diameter; K, body girth; L, body height; M, pectoral fin length; N, interorbital width.

Table 28. Correlation tables between total length of body and 14 main morphological characteristics in male and female of *M. cinereus*.

Total length (cm)	Male				Female									
	40~50	50~60	60~70	70~80	60~70	70~80	80~90	90~ 100	100~ 110	110~ 120	120~ 130	130~ 140		
Anal length (cm)														
20.00~22.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.00~24.00	1	—	1	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
24.00~26.00	—	4	2	3	2	4	4	—	1	—	—	—	1	—
26.00~28.00	—	—	2	1	—	2	3	—	—	—	—	—	—	—
28.00~30.00	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—

Total length (cm)	Male				Female									
	40~50	50~60	60~70	70~80	60~70	70~80	80~90	90~ 100	100~ 110	110~ 120	120~ 130	130~ 140		
Anal length (cm)														
33.00~35.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35.00~37.00	2	5	2	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37.00~39.00	—	3	4	2	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
39.00~41.00	—	—	6	2	2	5	1	—	—	—	—	—	—	—
41.00~43.00	—	—	—	—	3	1	4	—	1	—	—	—	—	—
43.00~45.00	—	—	—	—	—	1	3	—	—	1	—	—	1	—

Total length (cm)	Male				Female									
	40~50	50~60	60~70	70~80	60~70	70~80	80~90	90~ 100	100~ 110	110~ 120	120~ 130	130~ 140		
Tail length (cm)														
52.00~54.00	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
54.00~56.00	—	—	3	1	—	1	2	—	—	1	—	—	1	—
56.00~58.00	—	3	2	3	1	1	4	—	1	—	—	—	—	—
58.00~60.00	1	1	—	—	2	5	—	—	—	—	—	—	—	—
60.00~62.00	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62.00~64.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Total length (cm)	Male				Female									
	40~50	50~60	60~70	70~80	60~70	70~80	80~90	90~ 100	100~ 110	110~ 120	120~ 130	130~ 140		
Interorbital space (cm)														
1.40~1.60	—	—	—	2	—	—	2	—	1	1	—	—	—	—
1.60~1.80	—	1	—	—	7	4	7	1	—	—	—	—	—	—
1.80~2.00	2	4	8	—	2	9	4	2	—	—	—	—	—	—
2.00~2.20	1	7	5	—	3	4	9	—	1	1	—	—	1	—
2.20~2.40	—	2	4	—	1	—	4	—	—	—	—	—	—	—
2.40~2.60	—	1	1	—	—	—	2	—	1	—	—	—	—	—
2.60~2.80	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—	—

Total length (cm)	Male			Female		
	50~60	60~70	70~80	60~70	70~80	80~90
Vertical eye diameter (cm)						
0.95~1.05	—	—	—	2	—	—
1.05~1.15	—	—	2	—	1	—
1.15~1.25	1	—	2	2	2	4
1.25~1.35	—	—	—	2	2	2
1.35~1.45	—	2	—	1	1	3
1.45~1.55	—	2	2	—	1	1
1.55~1.65	—	—	—	1	—	—

Anal Fin base length (cm)	Male								Female				
	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140			
36.00~38.00	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
38.00~40.00	—	1	2	—	—	1	—	—	—	—			
40.00~42.00	—	3	1	2	3	4	1	—	—	—			
42.00~44.00	—	—	2	3	—	1	2	—	—	—			
44.00~46.00	—	—	—	—	—	1	3	—	1	—	—	1	—
46.00~48.00	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—			

Pectoral Fin length (cm)	Male								Female				
	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140			
4.00~4.40	—	—	—	7	1	—	—	—	—	—			
4.40~4.80	1	6	5	2	—	—	3	—	—	—	1	—	—
4.80~5.20	—	2	3	1	1	3	—	—	1	—	—	—	—
5.20~5.60	—	—	—	—	2	2	6	—	—	—	—	—	—
5.60~6.00	—	—	—	2	—	4	3	—	—	—	—	—	—
6.00~6.40	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—

Eye diameter (cm)	Male								Female				
	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140			
1.30~1.50	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—			
1.50~1.70	—	1	1	2	—	1	2	—	—	—			
1.70~1.90	3	7	5	2	1	6	10	10	1	1	2	—	—
1.90~2.10	—	3	7	—	1	2	6	3	3	1	—	—	—
2.10~2.30	—	1	4	2	—	1	4	2	1	—	—	—	—
2.30~2.50	—	2	—	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Body height (cm)	Male								Female				
	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140		
3.00~4.00	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
4.00~5.00	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
5.00~6.00	1	5	5	2	2	4	1	—	—	—	—		
6.00~7.00	—	2	7	3	2	3	9	1	1	—	—		
7.00~8.00	—	—	—	2	1	4	—	—	—	—	—	1	—
8.00~9.00	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—

Body girth (cm)	Male								Female				
	40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140			
11.00~13.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
13.00~15.00	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—			
15.00~17.00	—	2	—	1	2	1	—	—	—	—			
17.00~19.00	—	1	4	2	1	2	1	—	—	—			
19.00~21.00	—	—	—	2	1	—	—	—	—	—			
21.00~23.00	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—
23.00~25.00	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	—

Total length (cm)		Male			Female					
Dorsal fin depth (cm)		60~70	70~80	80~90	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120
1.30~1.70		—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.70~2.10		1	1	1	20	—	—	—	—	—
2.10~2.50		—	2	2	2	3	—	—	—	1
2.50~2.90		1	4	3	2	2	2	—	1	—
2.90~3.30		1	—	1	—	—	3	—	—	—
3.30~3.70		—	—	—	—	—	1	—	—	—
3.70~4.10		—	1	—	—	—	—	—	—	—

Total length (cm)		Male				Female							
Snout length (cm)		40~50	50~60	60~70	70~80	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130
3.00~3.50		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.50~4.00		1	3	—	1	—	3	1	—	—	—	—	—
4.00~4.50		2	11	8	3	2	8	14	4	—	—	—	—
4.50~5.00		—	2	6	1	—	—	5	12	2	—	1	—
5.00~5.50		—	—	1	1	—	—	2	1	4	2	1	1
5.50~6.00		—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—

Total length (cm)		Male				Female								
Dorsal fin length (cm)		40~50	50~60	60~70	70~80	50~60	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~140
11.00~12.00		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12.00~13.00		1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
13.00~14.00		—	4	—	—	2	3	3	—	—	—	—	—	—
14.00~15.00		—	—	3	4	1	3	4	—	—	1	1	—	—
15.00~16.00		—	—	1	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—
16.00~17.00		—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	1

Total length (cm)		Male					Female						
Head length (cm)		40~50	50~60	60~70	70~80	80~90	60~70	70~80	80~90	90~100	100~110	110~120	120~130
12.00~13.00		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13.00~14.00		1	2	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
14.00~15.00		—	2	1	1	—	—	3	—	—	—	—	—
15.00~16.00		—	—	3	2	—	3	3	1	—	—	—	—
16.00~17.00		—	—	1	1	—	—	1	6	—	—	—	—
17.00~18.00		—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	1
18.00~19.00		—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—

(尾部長/全長)×100の平均値は雄で 58.57 ± 0.20 、雌で 59.29 ± 0.24 で、雄の方が大きく、両者間の信頼度は8.14で有意差が認められる。しかし夏に周防灘の沖合で漁獲した成熟魚体ではわずかに雄の方が大きい傾向を示すが有意差は認められない。同様に東支那海、熊野灘産の個体群でも有意な差がない。

3) 眼隔 (第26表, 第27表, 第14図N)

(眼隔/全長)×100の平均値は雄で 2.83 ± 0.02 、雌で 2.06 ± 0.02 で、雄の方が大きく両者の信頼度は7.33で有意差を示す。夏に周防灘の沖合で漁獲した成熟個体群では頭長と眼隔の関係 (第34表) をみると、係数(頭長/眼隔)の平均値は雄で 6.57 ± 0.08 、雌で 7.48 ± 0.09 で雄の眼隔が大きい傾向がみられるが、有意差はない。しかしこれらの供試魚は狭頭型に属するもののみで、広頭型のものを加えると顕著な有意差を生ずる。野中ら (1957) は東支那海産ハモの眼隔と体長の関係をしらべ、変異の幅がそれぞれ大きい雌雄間に

有意差のあることを認めた。松井(1952)によるとウナギではこの形質の雌雄差は顕著で雌より雄の眼径が大きいことを認め、両者間の相違は成長および成熟に無関係である諸点を明らかにしている。

4) 眼高(第26表, 第27表, 第14図G)

眼高は眼の垂直高を示し、とくに眼形を表わすために採択した。ハモの眼は未成魚や冬から春に漁獲されるものでは普通楕円形であるが、産卵期になると雌雄ともに円形の眼をした個体の出現率が高くなる。産卵期に眼が大きくなり、丸くなることは、すでにヨーロッパ産ウナギで JACOBY(1880), PETERSEN(1906), MEEK(1916)などが、またアトガ類では *Conger vulgaris* について CUNNINGHAM(1896)がそれぞれ報告している。

周防灘中部水域では夏に出現するハモのうち、とくに眼が丸くて大きいものを俗に“メンバチハモ”と称し、別種のように取扱つかっているが、これらは明らかに二次性徴として変化したもので、ことに後述(第3章、性徴としての形態変化)する広頭型のものにおいてその変化は顕著である。そして4月から6月に漁獲された個体では両者の(眼高/全長)×100の平均値は雄で 1.09 ± 1.68 、雌で 1.25 ± 0.20 で、その信頼度は5.71で有意差があり、雄の眼形は丸い。しかし夏に沖合で漁獲された成熟個体では眼径と眼高の関係(眼径/眼高)は(第34表)雄で 1.33 ± 0.03 、雌で 1.42 ± 0.02 で、両者間の信頼度は0.41で有意差は認められない。すなわち二次性徴としての形態変化によって雌の眼もふくれあがり、円形に近づくので、雌雄差が認められなくなる。

5) 臀鰭基底長(第26表, 第27表, 第14図H)

(臀鰭基底長/全長)×100の平均値は雄で 40.62 ± 0.32 、雌で 42.75 ± 0.28 で、雌の方が大きく、両者間の信頼度は4.95で有意差が認められる。しかし夏に沖合で漁獲された成熟個体群や東支那海および熊野灘産のものでは尾部長のそれと同じように有意差は認められなかった。

6) 胸鰭長(第26表, 第27表, 第14図M)

(胸鰭長/全長)×100の平均値は雄で 4.98 ± 0.06 、雌で 4.95 ± 0.05 で、雄の方がやや大きい。両者間の信頼度は0.04で有意な差がない。同じように夏の成熟個体群においても雌雄の相違は認められない。ウナギでは雌の方が著しく短く、したがって胸鰭の形態も雌雄間で顕著に相違し、ことに雌では先端部が鈍角形に彎曲し、その遊離縁は扇状に拡がるのに対し、雄では先端部が鋭角的に彎曲し、遊離縁は紡錘形であることが松井(1952)によって報告されている。ドジョウでもこのような著しい形態差のあることを林(1901)が明らかにしている。しかしハモではきわめて多くの標本についてしらべたが、長さ、形および鰭条数などに相違はない。

7) 眼径(第26表, 第27表, 第14図J)

(眼径/全長)×100の平均値は雄で 1.88 ± 0.02 、雌で 1.86 ± 0.01 で、雄の方が大きい傾向が認められる。また夏に沖合水域で漁獲された個体の眼径と頭長の関係(第34表)は雄で 7.52 ± 0.09 、雌で 8.54 ± 0.11 で、両者間の信頼度は8.00で有意差が認められ、雄の眼が大きい。野中ら(1957)は東支那海産のハモについて眼径と体長との関係についてしらべ、雌雄の相違はかなり著しく、位置、傾斜ともに有意な差のあることを認めている。日本産ウナギでは雌雄間に顕著な差があり雄の方が大きいことが丸川(1916)、松井(1952)らによって認められ、またヨーロッパ産ウナギでも同じような相違のあることが JACOBY(1880), WALTER(1910), EHRENBAUM(1928)などによって報告されている。

8) 体 色

生活色は個体差がかなり著しい。雌雄の差は婚姻色を示した成熟時期のものにもある程度認められるが、同性内にそれぞれ色彩の強弱があり、極端なものを除くと識別はむづかしい。4月～6月頃に沿岸の泥底で漁獲されるものには背部の茶褐色に暗緑色の色調が加わっているが、その程度は雄の方が強く、また体の側部では灰褐色の、背鰭の辺縁では暗黒色の色調がそれぞれ強い。また同じ時期に沖合の泥または砂泥底で漁獲されるものでは雌が雄より全体的な色調が淡いようである。7月中旬頃から9月初旬に沖合水域で漁獲さ

れる産卵期の個体では、婚姻色として眼の周辺、体の側部に褐色の色調が著しくなり、また胸鰭の基底部および肛門附近は黄色が強くなり、わずかに充血状を呈し赤味をおびる。そのほかとくに頭部背面の茶褐色の色彩は濃くなり、黒味を加える。このような色調は比較的小型の雄に顕著である。しかしこの時期の雌は全体的に茶褐色で雄より色調は弱いが、なかには雄のような色調をおびるものがある、色彩で分けるとしばしば誤りをおかす。またこの時期に沿岸の泥底や島礁周辺の水域でとれた個体では、雌でも沖合に生息する雄のような強い色彩をおびるものが多い。ウナギでは生息する場所や水質および餌料などによって変異があり、雌雄差の識別は困難であるが、生殖時期の婚姻色は雄の方がかなり強いことを松井（1952）が明らかにしている。

2. 内部形態と体節的形質

魚類の内部形質の雌雄差については、これまでドジョウ（松井, 1934）、マダイ（海老名, 1940）、アマメハギ（黒沼, 1941）などの研究があるが、いずれも頭蓋骨に著しい差があることが認められている。ハモの頭骨では顎節鋤骨板（premaxillo-ethmo-vomerine plate）および主鰓蓋骨の2形質に有意な差が認められた（第29表、第30表）。顎節鋤骨板の長さの係数（頭蓋骨長/顎節鋤骨板長）の変異は雄で1.68~1.80、雌は1.87~1.97で、平均値はそれぞれ 1.72 ± 0.01 、 1.89 ± 0.01 で頭蓋骨長に対する割合は雄が大きい。主鰓蓋骨長の係数（頭蓋骨長/主鰓蓋骨長）の変異は雄で4.12~5.26、雌で3.50~4.95、その平均値はそれぞれ 4.75 ± 0.05 で、両者間の信頼度は9.50で頭蓋骨長に対する主鰓蓋骨長の割合は雌が大きい。しかしこれら以外の形質では有意差がない。すなわち全長に対する頭蓋骨長、頭蓋骨長に対する鰓骨長、顎節鋤骨板の幅および懸垂骨の高さなどの割合はそれぞれ雌の方が大きい傾向があるが有意差は示されない。

さらに胸鰭条数、側線孔数、脊椎骨数（第31表）、背鰭鰭条数、臀鰭鰭条数などの体節的形質においても雌雄間に有意な差がみられない。

3. 生息水域別の比較

一般に魚類の雌雄差は成体で、しかも成熟期あるいは完熟期に達すると顕著となることを考慮し、この成長段階に達した個体を周防灘の沖合水域、東支那海の南部沿岸水域および熊野灘沿岸水域の3海域で漁獲された若干の標本のなかから選出して比較した。その結果を第32表、第33表および第34表に掲げた。さらにこれら3つの表から形態的雌雄差の認められた形質を取りだし表示すると第35表となる。

第35表が示すように、いずれの水域でも有意差を示す形質はないが、吻角、眼径、背鰭の高さ、背鰭鰭条長、肛長および軀幹長の6形質は2つの水域で有意差が認められ、他の5形質はいずれかの1水域で有意な差を

Table 29. Biometric constants in male and female of the skull in *M. cinereus*. e, premaxillo-ethmo-vomerine plate length; f, frontal length; h, cranium length; m, maxillary length; k, suspensorium depth; o, opercle length; p, premaxillo-ethmo-vomerine plate width; s, cranium width; TL, total length.

Items	Male				Female			
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/h	9.45~9.70	9.50 ± 0.05	0.10 ± 0.03	1.05 ± 0.35	7.76~10.27	9.18 ± 0.13	0.70 ± 0.09	7.57 ± 0.96
h/m	1.57~1.65	1.60 ± 0.04	0.10 ± 0.05	6.25 ± 2.11	1.53~1.76	1.64 ± 0.01	0.70 ± 0.01	4.27 ± 0.55
h/s	1.15~1.18	1.17 ± 0.01	0.02 ± 0.01	1.71 ± 0.58	1.15~1.28	1.19 ± 0.01	0.03 ± 0.01	2.51 ± 0.31
h/o	4.12~5.26	4.75 ± 0.04	0.08 ± 0.04	1.68 ± 0.57	3.50~4.65	4.18 ± 0.05	0.31 ± 0.04	7.41 ± 0.94
h/f	2.34~2.78	2.60 ± 0.03	0.15 ± 0.03	5.77 ± 0.97	2.25~2.93	2.48 ± 0.03	0.16 ± 0.02	6.45 ± 0.73
h/p	10.82~11.97	11.00 ± 0.23	0.50 ± 0.17	4.54 ± 1.87	9.38~12.40	10.54 ± 0.14	0.77 ± 0.10	7.30 ± 0.93
h/e	1.69~1.80	1.72 ± 0.01	0.40 ± 0.01	2.33 ± 0.55	1.87~1.99	1.89 ± 0.01	0.04 ± 0.01	1.90 ± 2.36
h/k	2.93~3.05	2.95 ± 0.04	0.08 ± 0.02	2.71 ± 0.65	2.57~3.26	2.81 ± 0.03	0.21 ± 0.03	7.52 ± 0.99

Table 30. Reliability of sexual differences in proportional measurements of various parts of the skull in *M. cinereus*. The results were obtained from the data shown in Table 29.

Items	$ M\delta - M\varphi $	$\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}$	$\frac{ M\delta - M\varphi }{\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}}$	$\delta : \varphi$
TL/h	0.32	0.14	2.29	=
h/m	0.04	0.04	1.00	=
h/s	0.02	0.01	2.00	=
h/o	0.57	0.06	9.50	>
h/f	0.12	0.04	3.00	=
h/p	0.46	0.27	1.70	=
h/e	0.17	0.01	17.00	<
h/k	0.06	0.06	2.66	=

Table 31. Reliability of sexual difference in counts of the vertebrae in *M. cinereus*.

Items	Male				Female	
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value
Vertebrae	146~156 (17)	150.43	3.11±0.37	2.07±0.37	145~158 (17)	150.18±0.54
Standard deviation	Coefficient of variation	$ M\delta - M\varphi $	$\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}$	$\frac{ M\delta - M\varphi }{\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}}$		
3.31±0.38	2.20±0.27	0.25	0.96	0.26		

Table 32. Proportional measurements and the reliability of sexual difference in various parts of body in *M. cinereus* taken from the southern waters of the East China Sea, in rainy season. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Male				Female				$M\delta - M\varphi$	$\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}$	$\frac{M\delta - M\varphi}{\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\epsilon\varphi)^2}}$	$\delta : \varphi$
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation				
TL/HL	6.25~6.72 (3)	6.52±0.01	0.01±0.03	1.53±0.42	6.02~7.04 (12)	6.34±0.05	0.27±0.04	4.25±0.59	0.18	0.05	3.60	=
TL/BL	14.76~19.30 (3)	16.67±0.78	2.00±0.55	12.00±3.31	15.15~19.66 (12)	17.25±0.30	1.52±0.21	8.86±1.22	0.58	0.84	0.69	=
TL/TR	3.50~3.83 (3)	3.63±0.01	0.01±0.003	2.75±0.76	3.52~4.28 (12)	3.80±0.04	0.20±0.03	5.26±0.72	0.17	0.04	6.25	<
TL/TL	1.77~1.81 (3)	1.79±0.01	0.02±0.01	1.12±0.31	1.65~1.85 (12)	1.75±0.01	0.05±0.01	2.86±0.39	0.04	0.01	4.00	>
TL/AL	2.30~2.37 (3)	2.34±0.01	0.03±0.01	1.28±0.35	2.24~2.66 (12)	2.39±0.02	0.10±0.01	4.18±0.58	0.05	0.02	2.25	=
HL/SL	3.12~3.30 (3)	3.22±0.03	0.09±0.03	2.80±0.77	3.21~3.93 (12)	3.42±0.04	0.21±0.03	6.14±0.81	0.20	0.95	4.00	<
HL/ED	8.00~8.13 (3)	8.03±0.02	0.05±0.01	0.62±0.17	8.52~11.50 (12)	9.00±0.18	0.90±0.12	10.00±1.38	0.97	0.18	5.39	<
HL/IS	6.32~7.70 (3)	6.97±0.22	0.66±0.15	7.90±1.94	6.00~8.29 (12)	7.25±0.12	0.64±0.09	8.83±1.21	0.26	0.25	1.12	=
HL/PL	3.00~3.36 (3)	3.20±0.04	0.11±0.03	3.13±0.66	2.35~4.13 (12)	3.22±0.08	0.40±0.05	12.42±1.71	0.02	0.09	0.22	=
HL/DL	4.12~4.33 (3)	4.20±0.04	0.10±0.03	2.40±0.66	4.00~5.90 (12)	4.48±0.09	0.45±0.06	10.04±1.38	0.28	0.10	2.80	=
HL/DD	5.55~6.80 (3)	6.13±0.20	0.80±0.13	8.15±2.25	6.09~7.75 (12)	6.82±0.11	0.64±0.07	7.91±1.09	0.69	0.11	6.27	<
SD/HL	0.95~1.00 (3)	0.98±0.01	0.20±0.01	2.04±0.86	0.66~1.24 (12)	0.99±0.02	0.12±0.01	12.12±1.67	0.01	0.02	0.50	=
SL/IS	2.00~2.37 (3)	2.13±0.05	0.12±0.03	5.63±1.55	1.83~2.39 (12)	2.13±0.03	0.14±0.02	6.57±0.90	0	0.06	0	=
SL/EL	3.50~4.28 (3)	3.74±0.13	0.33±0.09	8.82±2.43	3.26~5.09 (12)	3.63±0.10	0.53±0.07	14.60±2.01	0.11	0.16	0.09	=
HL/DE	1.06~1.08 (3)	1.07±0.01	0.01±0.003	0.83±0.26	1.06~1.13 (12)	1.09±0.01	0.02±0.002	1.83±0.25	0.02	0.01	2.00	=
H/B	1.64~2.07 (3)	1.76±0.05	0.14±0.04	7.95±2.19	1.56~1.91 (12)	1.71±0.02	0.09±0.01	5.26±0.71	0.05	0.06	1.00	=
TR/HL	1.63~1.92 (3)	1.77±0.05	0.12±0.03	6.78±1.87	1.47~1.80 (12)	1.63±0.02	0.11±0.01	6.74±0.93	0.14	0.08	2.80	=
ED/EL	1.35~2.00 (3)	1.60±0.11	0.29±0.08	18.10±1.03	1.15~1.62 (12)	1.37±0.02	0.12±0.01	8.75±1.21	0.23	0.11	2.80	=
H/H	1.95~2.40 (3)	2.15±0.07	0.19±0.05	8.83±2.43	1.86~2.29 (12)	2.15±0.02	0.11±0.01	16.12±0.70	0	0.07	0	=

Table 33. Proportional measurements and the rejective limit of sexual difference in various parts of body in *M. cinereus* taken from Kumano-nada, in summer. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Female			Male	♀ : ♂
	Range	Mean value	Rejective limit		
TL/HL	6.28~6.68 (7)	6.49±0.06	6.49±0.33	6.56	=
TL/BH	14.88~19.64 (7)	16.00±0.40	16.00±1.56	20.66	<
TL/TR	3.82~4.43 (7)	3.97±0.05	3.93±0.18	4.11	=
TL/TI	1.67~2.09 (7)	1.71±0.04	1.71±0.12	1.66	=
TL/AL	1.91~2.49 (7)	2.31±0.04	2.31±0.19	2.52	<
HL/SL	3.26~4.11 (7)	3.54±0.04	3.54±3.20	3.56	=
HL/ED	8.14~10.06 (7)	8.93±0.02	8.93±0.54	8.68	=
HL/IS	6.80~7.93 (7)	7.14±0.08	7.14±0.08	7.21	=
HL/PL	2.82~3.33 (7)	3.03±0.04	3.03±0.04	3.27	=
HL/DL	2.15~2.34 (7)	2.17±0.01	2.17±0.01	2.36	<
HL/DD	3.77~4.59 (7)	3.99±0.07	3.99±0.07	4.48	<
SD/HL	0.80~0.95 (7)	0.90±0.01	0.90±0.01	0.95	=
SL/IS	1.74~2.42 (7)	1.81±0.01	1.81±0.01	2.03	=
SL/EV	2.82~3.98 (7)	3.23±0.01	3.23±0.37	3.41	=
ML/DE	1.07~1.14 (7)	1.10±0.01	1.10±0.03	1.11	=
H/B	1.33~1.81 (7)	1.56±0.05	1.56±0.15	1.73	<
TR/HL	1.49~1.73 (7)	1.61±0.02	1.61±0.09	1.60	=
ED/EV	1.08~1.53 (7)	1.31±0.03	1.31±0.13	1.40	=
h/H	2.00~2.46 (7)	2.17±0.03	2.17±0.15	2.05	=

Table 34. Proportional measurements and the reliability of sexual differences in various parts of body in *M. cinereus* taken from Suō-nada, in summer. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Male			Female			M _F -M _M	$\sqrt{(\overline{P\overline{P\overline{P}}})^2 + (\overline{P\overline{P\overline{P}}})^2}$	Reliability	♂ : ♀
	Range	Mean value	Standard deviation	Range	Mean value	Standard deviation				
TL/HL	5.97~7.41 (14)	6.89±0.06	0.44±0.06	5.79~6.52 (11)	6.32±0.04	0.21±0.03	0.27	0.09	3.00	=
TL/BH	14.73~19.08 (14)	16.47±0.24	1.36±0.18	14.88~18.30 (11)	16.28±0.26	1.27±0.28	0.19	0.35	0.84	=
TL/TR	3.79~4.46 (14)	4.04±0.03	0.18±0.02	3.64~4.12 (11)	3.76±0.04	0.20±0.03	0.29	0.06	5.80	>
TL/TI	1.61~2.09 (14)	1.72±0.02	0.10±0.01	1.70~1.85 (11)	1.75±0.03	0.12±0.02	0.03	0.04	0.75	=
TL/AL	2.34~2.77 (14)	2.51±0.03	0.10±0.01	2.24~2.54 (11)	2.35±0.01	0.07±0.01	0.16	0.02	8.00	>
HL/SL	3.16~3.65 (14)	3.39±0.03	0.14±0.02	3.19~3.72 (11)	3.40±0.06	0.31±0.05	0.01	0.07	0.14	=
HL/ED	6.86~8.50 (14)	7.52±0.09	0.47±0.06	7.50~9.63 (11)	8.54±0.11	0.52±0.07	1.02	0.14	8.00	<
HL/IS	6.14~7.40 (14)	6.87±0.08	0.65±0.06	6.77~8.65 (11)	7.48±0.09	0.46±0.07	0.91	0.12	7.58	<
HL/PL	2.78~3.53 (14)	3.04±0.04	0.22±0.03	3.04~3.53 (11)	3.23±0.03	0.17±0.03	0.17	0.05	3.40	=
HL/DL	3.06~4.24 (14)	3.55±0.05	0.31±0.04	3.79~4.31 (11)	4.04±0.05	0.19±0.03	0.49	0.07	7.00	<
HL/DD	3.37~4.17 (14)	3.56±0.23	1.12±0.16	4.79~5.93 (11)	6.46±0.18	0.79±0.12	0.99	0.29	3.07	=
SD/HL	0.88~1.12 (14)	1.00±0.01	0.07±0.01	0.90~1.13 (11)	1.02±0.01	0.08±0.01	0.02	0.01	2.00	=
SL/IS	1.60~2.15 (14)	1.92±0.02	0.13±0.01	1.96~2.50 (11)	2.00±0.01	0.02±0.003	0.08	0.03	4.00	<
SL/EV	2.71~3.56 (14)	3.04±0.04	0.21±0.03	2.90~4.20 (11)	3.84±0.06	0.30±0.04	0.80	0.07	7.14	<
ML/DE	1.06~1.14 (14)	1.10±0.01	0.03±0.01	1.09~1.14 (11)	1.09±0.01	0.20±0.003	0.01	0.01	1.00	=
H/B	1.36~1.75 (14)	1.53±0.01	0.09±0.01	1.52~1.82 (11)	1.61±0.01	0.80±0.01	0.08	0.01	8.00	<
TR/HL	1.47~1.81 (14)	1.64±0.01	0.07±0.01	1.65~1.79 (11)	1.63±0.01	0.04±0.01	0.01	0.01	1.00	=
ED/EV	0.72~1.61 (14)	1.33±0.03	0.18±0.02	1.30~1.65 (11)	1.42±0.02	0.11±0.01	0.09	0.04	2.25	=
h/H	1.75~2.29 (14)	2.03±0.04	0.30±0.03	1.66~2.38 (11)	2.12±0.05	0.21±0.03	0.08	0.06	1.33	=

Table 35. Sexual differences in 11 main morphological characteristics in *M. cinereus* taken from three localities, off-shore of Suō-nada (A), southern waters of East China Sea (B) and inshore of Kumano-nada (C), respectively.

Items	Off-shore of Suō-nada (A)							
	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀
Interorbital space			HL/IS	<	SL/IS	<		
Vertical eye diameter					SL/EV	<		
Anal length	TL/AL	>					TL/AL	=
Trunk length	TL/TR	>					TL/TR	<
Dorsal fin length			HL/DF	<				
Snout angle					H/B	>		
Snout length			HL/SL	=				
Eye diameter			HL/ED	<				
Dorsal fin depth			HL/DD	<				
Body height	TL/BH	=					TL/BH	=
Tail length	TL/TI	=					TL/TI	>

Southern waters of East China Sea(B)				Off-shore of Kumano-nada (C)					
Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀	Correspondence parts	♂ : ♀
HL/IS	=	SL/IS	=	TL/AL TL/TR	> =	HL/IS	=	SL/IS	=
		SL/EV	=					SL/EV	=
HL/DF	=	H/B	=			HL/DF	>		
HL/SL	<							H/B	>
HL/ED	<					HL/SL	=		
HL/DD	<					HL/ED	=		
				TL/BH	>	HL/DD	<		
				TL/TI	=				

示す。

眼径は東支那海産の個体群に有意差が認められ雄の方が大きい。しかし既述したように周防灘産の個体群では有意差はないが雄の方が大きい傾向を示し、これに有意的に除去した広頭型の個体群を加えるならば、東支那海産と同じように雄の方が大きい。また熊野灘産でもやはり雄の方が大きい傾向が認められる。眼高は周防灘産の個体群にのみ著しい相違が認められ雄の方が大きく、眼は丸い。しかし東支那海産および熊野灘産の個体群では有意差はないが、むしろ反対に雌の方が大きい傾向を示す。肛長は周防灘産および熊野灘産の個体群にそれぞれ有意差があり、雌の方が長い。東支那海産の個体群は有意差はないがやはり雌の方が長い傾向を示している。胴幹長は周防灘産および東支那海産の各個体群にそれぞれ有意差を示すが相反し、前者は雌の方が長く、後者では雌の方が長いことが認められた。背鰭鱗条長は周防灘産および熊野灘産の個体群にそれぞれ有意差があり、前者では雄の方が、後者では雌の方がそれぞれ長いことが認められた。東支那海産の個体群は有意差がないが雄の方が長い傾向を示す。吻長は東支那海産の個体群に有意差があり雄の方が長い。周防灘産では雌雄間に有意差は示されないが傾向としては雄が長い。眼径は周防灘産および東支

那海産の個体群にそれぞれ有意差があり、いずれも雄の方が大きい。熊野灘産でも有意差はないが雄の方が大きい傾向をもつ。背鰭の高さは東支那海産と熊野灘産の各個体群に有意差があり、いずれも雄の方が高い。周防灘産の個体群では有意差はないが雄の方が高い傾向が認められる。体高は熊野灘産の個体群に有意差があり雌の方が高い。周防灘産および東支那海産の個体群には有意差はないが、いずれも雌の方が高い傾向を示す。尾部長は東支那海産の個体群に有意差があり、雌の方が長い。周防灘産の個体群は有意な差は認められないが雌の方が長い傾向が認められる。

B. マ ア ナ ゴ

1. 外 部 形 態

周防灘の中部水域で漁獲したマアナゴの測定結果を第36表および第37表に示した。

Table 36. Proportional measurements of various parts of body expressed in hundredths of total length of body in male and female of *C. myriaster* taken from Suō-nada. Numbers put in parenthesis are those used in measurement. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Male				Female			
	Range	Mean value	Standard deviation	Coef- ficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
(SD/TL) × 100	16.83~19.88 (22)	18.56 ± 0.10	0.72 ± 0.07	3.87 ± 0.39	17.58~20.43 (24)	18.11 ± 0.14	1.04 ± 0.10	5.80 ± 0.56
(IS/TL) × 100	2.37~3.39 (22)	2.76 ± 0.03	0.23 ± 0.02	9.33 ± 0.95	1.57~3.41 (22)	2.75 ± 0.13	0.89 ± 0.09	32.37 ± 3.36
(PL/TL) × 100	4.83~5.92 (22)	5.34 ± 0.47	0.33 ± 0.03	6.18 ± 0.63	3.64~6.37 (23)	5.26 ± 0.07	0.50 ± 0.05	4.75 ± 0.47
(SP/TL) × 100	12.73~15.83 (22)	14.22 ± 0.14	0.95 ± 0.10	0.07 ± 0.01	13.32~16.17 (23)	14.47 ± 0.11	0.76 ± 0.08	5.25 ± 0.52
(R/TL) × 100	13.26~17.90 (22)	16.06 ± 0.19	1.31 ± 0.13	8.10 ± 0.82	13.39~22.50 (22)	16.70 ± 0.32	2.26 ± 0.23	13.50 ± 1.37
(ED/TL) × 100	1.67~2.35 (22)	2.03 ± 0.03	0.18 ± 0.01	8.87 ± 0.90	1.59~2.50 (23)	2.04 ± 0.03	0.24 ± 0.02	11.76 ± 3.87
(ML/TL) × 100	4.24~5.88 (22)	4.87 ± 0.58	0.41 ± 0.04	0.82 ± 0.08	3.77~5.67 (23)	5.03 ± 0.06	0.42 ± 0.04	8.40 ± 0.83
(GI/TL) × 100	3.17~4.32 (22)	3.70 ± 0.05	0.35 ± 0.04	9.46 ± 0.96	3.04~4.54 (23)	3.74 ± 0.06	0.44 ± 0.04	11.73 ± 1.17
(GL/TL) × 100	1.49~2.50 (22)	2.01 ± 0.03	0.34 ± 0.03	16.42 ± 1.67	1.81~2.78 (23)	2.26 ± 0.03	0.23 ± 0.02	10.18 ± 1.02
(SL/TL) × 100	2.74~3.82 (22)	3.35 ± 0.04	0.29 ± 0.03	0.84 ± 0.09	2.64~4.05 (23)	3.39 ± 0.05	0.35 ± 0.04	10.32 ± 1.03
(AL/TL) × 100	36.80~39.58 (22)	38.25 ± 0.11	0.74 ± 0.08	0.20 ± 0.02	37.06~44.13 (23)	41.07 ± 0.39	2.75 ± 0.27	6.71 ± 0.67
(HL/TL) × 100	11.17~14.86 (22)	13.63 ± 0.12	0.85 ± 0.09	6.23 ± 0.63	13.07~15.68 (23)	14.22 ± 0.84	0.60 ± 0.06	4.22 ± 0.62
(TR/TL) × 100	22.63~26.27 (22)	24.46 ± 0.13	0.90 ± 0.09	0.37 ± 0.06	20.56~30.16 (23)	24.77 ± 0.23	1.66 ± 0.17	6.70 ± 0.67
(TI/TL) × 100	59.22~64.04 (22)	61.85 ± 0.16	1.08 ± 0.11	5.76 ± 0.59	55.87~62.67 (23)	61.07 ± 0.20	1.43 ± 0.14	2.37 ± 0.23

Table 37. Reliability of sexual difference in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster* expressed in hundredths of total length of body. The results were derived from the data shown in Table 36.

Items	M♂ - M♀	$\sqrt{(P\delta)^2 + (P\epsilon)^2}$	$\frac{ M\delta - M\epsilon }{\sqrt{(P\delta)^2 + (P\epsilon)^2}}$	♂ : ♀
(SD/TL) × 100	0.45	0.17	2.65	=
(IS/TL) × 100	0.01	0.13	0.08	=

(PL/TL) × 100	0.08	0.47	0.17	=
(SP/TL) × 100	0.25	0.18	1.39	=
(R/TL) × 100	0.64	0.37	1.73	=
(ED/TL) × 100	0.01	0.05	0.20	=
(ML/TL) × 100	0.16	0.58	0.28	=
(GI/TL) × 100	0.04	0.08	0.50	=
(GL/TL) × 100	0.25	0.04	0.25	=
(SL/TL) × 100	0.04	0.06	0.67	=
(AL/TL) × 100	2.82	0.41	6.88	>
(HL/TL) × 100	0.59	0.85	0.69	=
(TR/TL) × 100	0.31	0.26	1.19	=
(TI/TL) × 100	0.78	0.26	3.00	=

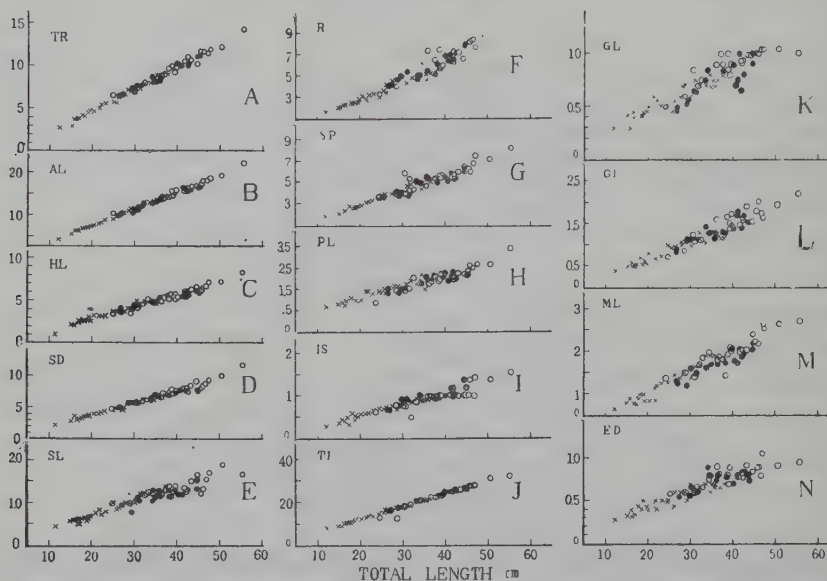


Fig. 15. Showing dimension (in cm) of body parts in relation to total length of body in male and female of *C. myriaster*. ●, Male; ○, female; ×, sex unknown. A, trunk length (TR); B, anal length (AL); C, head length (HL); D, distance from tip of snout to origin of dorsal fin (SD); E, snout length (SL); F, body girth (R); G, distance from tip of snout to origin of pectoral fin (SP); H, pectoral fin length (PL); I, interorbital width (IS); J, tail length (TI); K, gill-opening length (GL); L, isthms width (GI); M, upper jaw length (ML); N, eye diameter.

これらの表によって明らかなように雌雄差を認め得る形質は肛長のみで、他はいずれも有意差が認められない。各形質の全長に対する百分率の全長別頻度分布を求めると第38表の通りで、雌雄両者の分布状態はいずれの形質においてもよく相似する。また全長に対する各形質の相対成長を雌雄別に求めると、各形質は直線式 $y = ax + b$ で表わされる。a および b の値は第39表の通りである。

Table 38. Correlation table between total length of body (in cm) and percentage of each part in total length of body in male and female of *C. myriaster*. AL, anal length; ED, eye diameter; GI isthms width; GL, gill-opening length; HL, head length; IS, interorbital width; ML, upper jaw length; PL, pectoral length; R, body girth; SD, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; SL, snout length; SP, distance from tip of snout to origin of pectoral fin; TI tail length; TR, trunk length.

Sex	Male				Female			
	20~30	30~40	40~50	50~60	20~30	30~40	40~50	50~60
SL								
2.50~2.70	—	—	—	—	—	1	—	—
2.70~2.90	1	—	—	—	—	1	—	—
2.90~3.10	—	1	4	—	1	2	—	—
3.10~3.30	—	2	2	—	1	1	—	—
3.30~3.50	1	4	2	—	3	2	—	—
3.50~3.70	2	1	—	1	2	1	—	—
3.70~3.90	—	2	—	—	3	1	1	—
3.90~4.10	—	—	—	1	—	—	—	—

SD

17.50~18.00	—	—	—	—	—	1	—	—
18.00~18.50	1	3	2	—	3	1	—	—
18.50~19.00	2	2	4	2	4	3	—	—
19.00~19.50	1	4	—	—	2	3	1	—
19.50~20.00	—	1	—	—	—	—	—	—
20.00~20.50	—	—	—	—	—	1	—	—
20.50~21.00	—	—	—	—	1	—	1	—

HL

11.00~11.50	1	—	—	—	—	—	—	—
11.50~12.00	—	—	—	—	—	—	—	—
12.00~12.50	—	—	—	—	—	—	—	—
12.50~13.00	—	—	3	—	—	—	—	—
13.00~13.50	1	2	4	1	2	1	—	—
13.50~14.00	1	2	—	1	2	3	—	—
14.00~14.50	—	4	1	—	3	3	1	—
14.50~15.00	1	2	—	—	2	1	1	—
15.00~15.50	—	—	—	—	—	1	—	—
15.50~16.00	—	—	—	—	2	—	—	—

TR

20.00~22.00	—	—	—	—	1	—	—	—
22.00~24.00	2	4	2	—	2	1	—	—
24.00~26.00	2	5	6	2	6	8	2	—
26.00~28.00	—	1	—	—	1	—	—	—
28.00~30.00	—	—	—	—	—	—	—	—
30.00~32.00	—	—	—	2	—	—	—	—

AL

36.00~37.00	—	—	1	—	—	—	—	—
37.00~38.00	1	2	3	—	3	1	1	—
38.00~39.00	3	5	3	1	2	5	—	—
39.00~40.00	—	3	1	—	3	3	—	—
40.00~41.00	—	—	—	1	2	—	—	1

TI

57.00~59.00	—	4	—	—	—	—	—	—
59.00~61.00	3	5	6	—	3	2	1	—
61.00~63.00	1	1	2	1	7	7	1	—
63.00~65.00	—	—	—	—	—	—	—	—
65.00~67.00	—	—	—	—	—	—	—	—

Sex	Male				Female			
	20~30	30~40	40~50	50~60	20~30	30~40	40~50	50~60
SP								
12.50~13.00	—	—	3	—	2	1	—	—
13.00~13.50	1	1	1	—	1	3	—	—
13.50~14.00	1	1	—	—	1	2	1	—
14.00~14.50	2	3	2	—	4	2	—	—
14.50~15.00	—	1	1	—	1	—	1	—
15.00~15.50	—	2	—	2	1	—	—	—
15.50~16.00	—	2	1	—	—	1	—	—

PL

3.50~4.00	—	—	—	1	—	—	—	—
4.00~4.50	—	1	—	—	1	—	—	—
4.50~5.00	1	—	3	—	—	2	—	—
5.00~5.50	2	5	2	1	6	5	2	—
5.50~6.00	1	4	2	—	2	2	—	—
6.00~6.50	—	—	—	—	1	—	—	—

R

13.00~14.00	—	2	—	1	1	—	—	—
14.00~15.00	—	1	—	1	2	—	—	—
15.00~16.00	1	5	2	—	2	2	—	—
16.00~17.00	1	1	1	—	1	2	2	—
17.00~18.00	2	1	5	—	2	2	—	—
18.00~19.00	—	—	—	—	—	3	—	—
19.00~20.00	—	—	—	—	—	—	—	—
20.00~21.00	—	—	—	—	1	—	—	—
21.00~22.00	—	—	—	—	—	—	—	—
22.00~23.00	—	—	—	—	1	—	—	—

ED

1.50~1.70	—	—	1	—	1	—	—	—
1.70~1.90	—	1	3	—	2	1	2	—
1.90~2.10	1	4	4	1	4	5	—	—
2.10~2.30	2	3	—	—	2	1	—	—
2.30~2.50	1	2	—	1	—	2	—	—
2.50~2.70	—	—	—	—	1	—	—	—

ML

4.00~4.50	1	—	2	—	—	—	—	—
4.50~5.00	2	6	5	—	3	5	1	—
5.00~5.50	1	3	1	1	6	3	1	—
5.50~6.00	—	1	—	1	—	1	—	—

GI

3.00~3.20	—	1	—	2	1	—	—	—
3.20~3.40	2	1	—	—	2	—	—	—
3.40~3.60	—	3	3	—	3	3	—	—
3.60~3.80	—	2	—	—	—	2	—	—
3.80~4.00	1	2	3	—	1	2	2	—
4.00~4.20	1	1	—	—	1	—	—	—
4.20~4.40	—	—	2	—	—	—	—	—
4.40~4.60	—	—	—	—	2	2	—	—

I S								G L							
2.10~ 2.30	—	—	—	—	—	1	—	1.40~ 1.60	—	—	1	—	—	—	—
2.30~ 2.50	—	1	—	—	—	1	1	1.60~ 1.80	1	1	2	—	—	—	—
2.50~ 2.70	2	7	1	1	5	2	1	1.80~ 2.00	3	1	1	—	1	—	1
2.70~ 2.90	1	—	4	—	2	2	1	2.00~ 2.20	—	5	1	2	2	3	1
2.90~ 3.10	—	2	2	—	—	2	—	2.20~ 2.40	—	2	2	—	3	6	—
3.10~ 3.30	—	—	—	—	—	—	—	2.40~ 2.60	—	1	1	—	1	—	—
3.30~ 3.50	—	—	—	—	1	—	—	2.60~ 2.80	—	—	—	—	3	—	—

Table 39. Relation between the total length (TL) and each part of body in male and female of *C. myriaster*. a and b indicate each value in empirical expression $y=aTL+b$. For abbreviations, see Fig. 15.

Sex Items	Male		Female	
	a	b	a	b
S L	0.034	0.009	0.024	0.543
S D	0.216	— 0.972	0.263	— 0.260
H L	0.142	— 0.106	0.147	— 0.171
A L	0.388	— 0.018	0.401	— 0.053
T R	0.267	— 0.782	0.272	— 0.980
T I	0.788	— 0.359	0.419	0.685
I S	0.026	0.035	0.028	— 0.070
P L	0.049	0.178	0.056	— 0.096
S P	0.035	0.255	0.144	0.042
R	0.184	— 0.474	0.214	— 0.911
E D	0.017	0.102	0.017	0.088
M L	0.042	0.243	0.049	0.039
G I	0.039	— 0.098	0.042	— 0.155
G L	0.017	0.112	0.021	0.054

1) 肛長 (第36表, 第15図B)

全長に対する肛長の百分率の変異は雄では 36.80~39.50, 雌では 37.06~44.13 で, それぞれの平均値は 38.25 ± 0.11 と 41.07 ± 0.07 を示し, 両者間の信頼度は 6.88 で有意差が認められる。つまり肛長は雌の方が長い。

2) 尾部長 (第36表, 第15図J)

全長に対する尾部長の百分率の変異は雄で 59.22~64.04, 雌で 55.87~62.67 で, 平均値はそれぞれ 61.85 ± 0.16 , 61.07 ± 0.20 を示し, 両者間の信頼度は 3.00 で有意差は認められない。

3) 吻長 (第36表, 第15図E)

全長に対する吻長の百分率の変異は雄で 16.83~19.88, 雌で 17.58~20.43 で, 平均値はそれぞれ 18.56 ± 0.10 , 18.11 ± 0.14 を示す。すなわち雌の変異は著しく大きく, 雄の変異は雌のそれに含まれ両者間に有意差が認められない。ウナギでは雄の吻長が雌のそれに比して著しく短いことがすでに松井 (1952) によって報告されている。またウナギやハモでは前記のように眼と関係があつて, 広頭型のような性徴としての形態変化つまり時期的に変動が起る形質であるが, マアナゴではこのような一時的, または著しい変化が供試範囲の魚体では認められなかった。

4) 眼隔 (第36表, 第15図I)

全長に対する眼隔の百分率の変異は雄で 2.37~3.36, 雌では 1.57~3.47 で, 平均値はそれぞれ 2.76 ± 0.03 , 2.75 ± 0.13 を示し, 両者間に有意な差は認められない。

5) 眼径 (第36表, 第15図N)

全長に対する眼径の百分率の変異は雄で 1.67~2.35, 雌では 1.59~2.50, 平均値はそれぞれ 2.03 ± 0.03 と 2.04 ± 0.03 で有意差はない。

6) 胸鰭長 (第36表, 第15図H)

全長に対する胸鰭長の百分率の変異は雄で 4.85~5.92, 雌で 3.64~6.37, 平均値はそれぞれ 5.34 ± 0.47 , 5.27 ± 0.07 を示す。そしてこれらの信頼度は 0.17 で全く有意差は認められない。前述したようにウナギでは胸鰭の長さ, 鰭条数および形態に著しい雌雄差があるが, マアナゴもハモにおけるそれと同じように形態や鰭条数に雌雄差はない。

7) 体 色

マアナゴでは生態色はかなり顕著である。すなわち沖合の砂底, 細砂底または泥底に生息するものは普通体色は淡く, 灰褐色の色調が強い。これに対して浅い沿岸の泥底に生息するものは茶褐色の色調が強く, これに暗緑色が加っているものが多い。また岩の地域にすむものは黒褐色をおびるものが多く, それがとくに強いもの* では全くクロアナゴに近い体色をもつ。ところで雌雄間の体色の相違は明らかでない。しかし沿岸の岩礁水域に生息するもので, ことに秋から冬にかけて漁獲される比較的大型のマアナゴには雌雄差の認

Table 40. Biometric constants in male and female of *C. myriaster*. Locality and number of specimens are same as in those of Table 35. For abbreviations, see Fig. 12. Numerals put in parenthesis, number of specimens.

Items	Male				Female			
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.61~7.77 (22)	6.98 $\pm$ 0.07	0.46 $\pm$ 0.05	0.59 $\pm$ 0.07	7.65~6.62 (22)	7.05 $\pm$ 0.04	0.30 $\pm$ 0.03	4.26 $\pm$ 0.43
TL/TR	3.81~4.42 (22)	4.10 $\pm$ 0.07	0.46 $\pm$ 0.05	16.22 $\pm$ 1.14	3.32~4.80 (23)	4.04 $\pm$ 0.04	0.28 $\pm$ 0.03	6.95 $\pm$ 0.70
TL/TI	1.48~1.69 (22)	1.61 $\pm$ 0.06	0.04 $\pm$ 0.004	2.48 $\pm$ 0.25	1.58~1.79 (23)	1.64 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.004	2.56 $\pm$ 0.26
TL/AL	2.53~2.70 (22)	2.62 $\pm$ 0.06	0.05 $\pm$ 0.01	1.91 $\pm$ 0.19	2.27~2.69 (23)	2.58 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.01	3.41 $\pm$ 0.34
HL/SL	3.76~4.43 (22)	4.19 $\pm$ 0.04	0.29 $\pm$ 0.03	6.92 $\pm$ 0.07	3.45~4.97 (23)	4.23 $\pm$ 0.06	0.44 $\pm$ 0.05	10.40 $\pm$ 1.05
HL/ED	6.06~7.73 (22)	6.85 $\pm$ 0.07	0.48 $\pm$ 0.05	7.01 $\pm$ 0.71	5.75~8.67 (23)	7.18 $\pm$ 0.13	0.89 $\pm$ 0.09	12.40 $\pm$ 1.25
HL/IS	4.21~5.68 (22)	5.00 $\pm$ 0.06	0.42 $\pm$ 0.04	8.40 $\pm$ 0.85	4.57~9.20 (23)	5.36 $\pm$ 0.13	0.89 $\pm$ 0.09	16.60 $\pm$ 1.67
HL/PL	2.26~2.85 (22)	2.60 $\pm$ 0.02	0.16 $\pm$ 0.02	6.15 $\pm$ 0.63	2.41~3.83 (23)	2.73 $\pm$ 0.04	0.29 $\pm$ 0.03	10.60 $\pm$ 1.05
HL/DL	3.03~3.96 (22)	3.39 $\pm$ 0.04	0.26 $\pm$ 0.03	7.67 $\pm$ 0.78	2.56~4.56 (23)	3.34 $\pm$ 0.06	0.04 $\pm$ 0.04	11.98 $\pm$ 1.20
HL/SD	1.26~1.60 (22)	1.36 $\pm$ 0.10	0.08 $\pm$ 0.01	5.88 $\pm$ 0.60	1.20~1.42 (23)	1.33 $\pm$ 0.01	0.04 $\pm$ 0.004	3.00 $\pm$ 0.30
SL/IS	1.02~1.38 (22)	1.20 $\pm$ 0.10	0.02 $\pm$ 0.01	10.00 $\pm$ 1.02	0.94~2.40 (23)	1.28 $\pm$ 0.04	0.28 $\pm$ 0.07	21.88 $\pm$ 2.20
TR/HL	1.53~2.00 (22)	1.78 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.01	7.86 $\pm$ 0.80	1.40~2.16 (23)	1.77 $\pm$ 0.02	0.16 $\pm$ 0.02	9.10 $\pm$ 6.14
h/H	0.88~1.20 (22)	1.07 $\pm$ 0.12	0.08 $\pm$ 0.08	7.47 $\pm$ 0.76	0.85~1.30 (23)	1.06 $\pm$ 0.01	0.11 $\pm$ 0.01	10.88 $\pm$ 1.06
H/B	0.81~1.15 (22)	0.96 $\pm$ 0.14	0.10 $\pm$ 0.10	10.40 $\pm$ 1.06	0.82~1.28 (23)	0.93 $\pm$ 0.04	0.03 $\pm$ 0.003	3.23 $\pm$ 0.33

* 用防灘ではマアナゴでクロアナゴ *Conger japonica* に近い体色をもつものを俗に“カラス”と呼ぶ。場所によってはこの“カラス”とクロアナゴを同様にとりあつたっている。すなわち“カラス”と呼ばれるマアナゴは黒色が強く, 魚体は普通大きく一見したところクロアナゴによく似ているからである。

められるものがある。すなわち、これらのうちの雄は全体黒味をおびているが体の背部および側部の茶褐色の色調が強く、口辺およびその腹面、胸鰭* およびその基底の部分、排泄孔の周辺部に充血色が現われ、腹部は黄色が強い。これに対して雌は背部および側部はむしろ灰白色で色調は雄のそれに比してかなり淡い。この雄の強い色調は婚姻色と考えられる。

さらに形質相互間の相対比によって、雌雄差の有無を検討したが第40表および第41表で示すように両者間に有意差の認められる形質はなかった。

Table 41. Reliabilities of sexual differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*. The results were derived from the data shown in Table 40.

Items	$ M\delta - M\varphi $	$\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\varphi\varphi)^2}$	$\frac{ M\delta - M\varphi }{\sqrt{(P\delta\delta)^2 + (P\varphi\varphi)^2}}$	$\delta : \varphi$
TL/HL	0.07	0.08	0.92	=
TL/TR	0.07	0.07	0.93	=
TL/TI	0.03	0.01	0.34	=
TL/AL	0.04	0.39	0.10	=
HL/SL	0.04	0.08	0.50	=
HL/ED	0.33	0.14	2.32	=
HL/IS	0.36	0.14	2.57	=
HL/PL	0.13	0.05	2.84	=
HL/DL	0.05	0.07	0.75	=
HL/SD	0.02	0.07	0.31	=
SL/IS	0.08	0.04	1.84	=
TR/HL	0.01	0.03	0.34	=
h/H	0.01	0.12	0.08	=
H/B	0.03	0.14	0.22	=

2. 内部形態および体節の形質

ハモでは前述のように内部形態において、顎節鋤骨板の長さ (length of premaxillo-ethmo-vomerine plate) および主鰓蓋骨の長さそれぞれ雌雄間の相違が認められたが、マアナゴではいずれの形質においても雌雄差は認められない。また体節の形質においても同様である。

3. 生息水域別の比較

雄の成体標本が少なく、その結果多くの水域について調査を試みることができなかった。そこで愛知県沿岸および宮崎県沿岸の2水域のものについて雌雄差を検討した結果を第42表と第43表に掲げた。すなわち愛

Table 42. Sexual differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster* taken from Aichi Prefecture. For abbreviations, see Fig. 12. Numerals put in parenthesis, number of specimens.

Items	Female					$\delta : \varphi$	Male
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Rejective limit		
TL/HL	6.46~7.59 (9)	7.16±0.08	0.37±0.06	5.10±0.81	7.16±0.88	=	6.69
TL/TR	3.78~4.30 (9)	4.04±0.04	0.16±0.03	3.96±0.63	4.04±0.38	=	4.09

* ゴテンアナゴの雌では、産卵期にかなりはっきりした黒褐色の婚姻色が現われる。

TL/TI	1.60~1.72 (9)	1.64±0.01	0.04±0.01	2.44±0.39	1.64±0.10	=	1.65
TL/AL	2.38~2.67 (9)	2.58±0.01	0.03±0.01	1.16±0.18	2.58±0.07	=	2.54
HL/SL	3.57~4.20 (9)	3.92±0.06	0.20±0.05	5.10±0.81	3.92±0.48	=	3.16
HL/ED	6.67~8.73 (9)	7.37±0.18	0.82±0.13	11.13±1.77	7.37±1.95	=	7.43
HL/IS	3.47~7.38 (9)	5.42±0.28	1.24±0.20	22.51±3.58	5.42±2.95	=	4.33
HL/PL	2.33~2.74 (9)	2.59±0.03	0.12±0.02	4.63±0.74	2.59±0.29	=	2.60
HL/DL	2.91~3.53 (9)	3.20±0.04	0.16±0.03	5.62±0.78	3.20±0.36	=	3.25
SD/HL	1.24~1.46 (9)	1.37±0.02	0.07±0.01	5.11±0.81	1.37±0.14	=	1.27
SL/IS	1.11~1.85 (9)	1.41±0.05	0.24±0.04	17.02±2.71	1.41±0.57	=	1.04
H/B	0.92~1.07 (9)	0.98±0.01	0.06±0.01	5.61±0.77	0.98±0.14	>	1.14
TR/HL	1.65~1.96 (9)	1.84±0.06	0.25±0.04	13.59±2.16	1.84±0.60	=	1.63
h/H	1.25~1.70 (9)	1.50±0.04	0.17±0.03	11.33±1.81	1.50±0.40	=	1.50

Table 43. Sexual differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster* taken from Miyazaki Prefecture. For abbreviations, see Fig. 12. Numerals put in parenthesis, number of specimens.

Items.	Female					♂ : ♀	Male
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Rejective limit		
TL/HL	6.38~7.46 (4)	6.83±0.16	0.16±0.11	6.72±1.60	6.83±1.69	=	7.72
TL/TR	4.00~4.22 (4)	4.11±0.04	0.11±0.03	2.56±0.61	4.11±0.40	=	4.00
TL/TI	1.62~1.66 (4)	1.64±0.01	0.02±0.004	1.04±0.25	1.64±0.07	=	1.61
TL/AL	2.52~2.61 (4)	2.55±0.02	0.05±0.01	1.76±0.42	2.55±0.18	=	2.63
HL/SL	4.07~4.60 (4)	4.28±0.08	0.24±0.06	5.49±1.31	4.28±0.88	=	4.13
HL/ED	6.61~7.34 (4)	6.99±0.10	0.31±0.07	4.39±1.05	6.99±1.14	=	6.15
HL/IS	4.63~5.66 (4)	5.18±0.14	0.42±0.10	8.14±1.94	5.18±1.55	=	5.02
HL/PL	2.62~3.13 (4)	2.82±0.08	0.24±0.06	8.51±2.03	2.82±0.88	=	2.66
HL/DL	2.93~3.53 (4)	3.20±0.09	0.26±0.06	8.16±1.94	3.20±0.96	=	3.37
SD/HL	1.33~1.40 (4)	1.37±0.004	0.01±0.002	0.73±0.17	1.37±0.04	=	1.40
SL/IS	1.01~1.34 (4)	1.21±0.05	0.14±0.03	10.83±2.58	1.21±0.52	=	1.21
H/B	0.91~1.21 (4)	1.08±0.04	0.13±0.03	11.67±2.78	1.08±0.48	=	1.17
TR/HL	1.51~1.87 (4)	1.67±0.05	0.15±0.04	8.92±2.13	1.67±0.55	=	1.93
h/H	1.28~1.57 (4)	1.40±0.04	0.13±0.03	9.29±2.22	1.40±0.48	=	1.20

知県沿岸産のもので吻角にのみ有意差が認められたが、宮崎沿岸産のものでは有意差の認められる形質はない。

要約ならびに考察

以上の実験範囲で得られた結果から、まずハモの形態上の雌雄差をみるに、3水域のいずれでも差異のはっきりしている形質はない。しかし2水域で差を示すか、またはその傾向の強い形質としては眼径、眼隔、肛長、背鰭の高さやその長さなどがあり、これらが比較的顕著な形態上の雌雄差の特徴形質として注目される。マアナゴではわずかに肛長、吻角に差が認められたがこれらは安定した雌雄差の形質とは考えられない。ウナギでは胸鰭長、眼径、吻長、眼隔、吻端から胸鰭の基底および臀鰭起部までのそれぞれの距離、胴廻りおよび頭長など多くの形質にはっきりした差があり、とりわけ胸鰭長、眼径および眼隔などの形質は差が顕著であることが松井(1952)によってたしかめられている。

ところで、ハモおよびマアナゴの胸鰭、眼径および眼隔の3形質をみるに、両種ともに胸鰭の形態、鰭条数には雌雄差はない。しかし眼径および眼隔はハモでは差が認められ、さらにヨーロッパ産ウナギで、PETERSEN (1890), WALTER (1910) その他多くの研究者が、また地中海産の *Conger vulgaris* で CUNNINGHAM (1896) がそれぞれ報告したような性徴としての時期的変化が加わり差が一層顕著となることがある。しかしマアナゴでは明らかでない。

肛長は周防灘産のマアナゴで差異の示された唯一の形質であるが、他の水域では差が認められなかった。ハモでは周防灘産のものと熊野灘産のものに差があり、いずれも雌の方が大きい傾向がみられたが、東支那海産のものでは野中ら(1957)がしらべた結果と同じように差異は認められなかった。

尾部長はハモでは2水域でそれぞれ雌雄差が認められ、マアナゴでは周防灘産のものが肛長に次いで信頼度の大きい差を示し、雌より雄の方が大きい傾向がみられた。

雌雄の生活色の相違は両種ともに個体変異がかなり大きく顕著でない。しかし婚姻色はいずれも雌に強く現われ差が認められるべき点がある。

内部形質では周防灘産のハモで顎節鋤骨板および主鰓蓋骨の長さに差異が認められた。しかしマアナゴでは差異の認められる形質はない。また体節の形質では両種とも雌雄差の示される形質はない。

以上のことから両種の雌雄は、ことに外部形態にそれぞれいくつかの雌雄差を示す本質的な形質をそなえているようにみられるが、このような形質が生息場所、時期あるいは群の違いなどによってはっきり雌雄差を示すばあいとそうでないばあいがあるようにみえる。つまりこれらの形質は環境による変異が他の形質と同じように大きいことおよびそれぞれの特徴に絶対的な開きがないことが考えられる。したがってこれら両種における決定的な識別基準は生殖腺の性状とその形態によるはかばかではない。松井(1952)はウナギでみられる形態上の雌雄差の消失原因として生態的な環境特に栄養の程度による形質の変異と性転換によることをあげている。著者はハモやマアナゴの性転換に関する実験を行っていないが、後述の年令および成長に関する実験でしばしば認めたように(例えば耳目に現われる輪紋の様相が個体によってかなり相違する)、これらの種類では同一の場所、同一の時期に漁獲したものにおいても個体の発育過程が著しく相違するものが含まれ、このような成長度の相違に起因する形質の変異が雌雄間の性的な特徴形質の変異以上の変異を示すばあいのあることを認める。したがって本質的な雌雄間の特徴は栄養的な生活過程が同一な個体群、つまり雌雄それぞれが同一の成長度をもつような個体群あるいはそれに近い群において明瞭に発現し、HUBBS (1940)の強調するような諸変異の平行性も認められようが、前述の結果が示すように、ハモやマアナゴの自然群を測定学的にみたとき、環境の諸要因による幅広い変異は雌雄間の相違を攪乱し、結果として性的な特徴はきわめて薄弱となっていることが推察される。

摘 要

1. ハモおよびマアナゴの雌雄間における形態上の相違についてしらべた。
2. 両種ともに、いずれの水域でも常にはっきりした雌雄差を示す形質は認められなかった。

3. 外部形質で雌雄差がかなり強く現われるものは、ハモでは眼隔、眼高、眼径、背鰭の高さ、吻角などで、いずれも雄の方が大きい。マアナゴでは周防灘産のもので肛長、熊野灘産のもので吻角の形質で前者は雌が大きく後者は雄が大きい。
4. 内部形質で雌雄差の認められた形質は、周防灘産のハモで顎篩鋸骨板の長さ主と主鰭蓋骨の長さの2形質で、前者は雄が、後者は雌の方がそれぞれ大きい。マアナゴでは雌雄差の示される形質はない。
5. 体節の形質では兩種いずれも雌雄差の示されるものはない。
6. 婚姻色は雄に強く現われる。

第三章 生殖時期における形態変異 Chapter III. Breeding change in body shape

ま え が き

ウナギ科の魚類においては、狭吻ウナギ sharp-nosed eel と広吻ウナギ broad-nosed eel の2つの型*のあることが古くから知られている。すなわち、ヨーロッパ産ウナギでは JACOBY (1880), PETERSEN (1894), BELLENI (1907), WALTER (1910), TÖRLITZ (1922), EHRENBAUM (1929) らが、また日本産ウナギでは丸川 (1916), 松井 (1952) らがそれぞれこの兩型について記載している。しかし、ウナギ科を除く他の多くのウナギ目魚類はこのような兩型についての報告をみない。

著者は1952年から1955年にわたって周防灘産ハモの産卵群についての調査を行ったが、そのさい、ハモでも広頭型と狭頭型のあることを観察した。そして、この2型のうち前者についてはすでに漁業者の間では“メンバチハモ”とよび、別種のように取りあつかっていること、および広頭型のハモは夏かなり高率に漁獲されることがわかった。

ところで、ウナギ科のものですでに認められている兩型の生物学的な見解は雌雄説、変種、生態型など研究者によって差異があるようである。したがって著者はおもに形態的な面からハモにおけるこれら兩型の形態上の相違と生物学的な見解についてしらべてみた。

実験の材料および方法

材料は兩型ともに1955年7月～9月に周防灘の中部水域で採集した。兩型の区別は漁業者の識別方法**にしたがって行った。外部形態の測定部位は第17図の通りである。

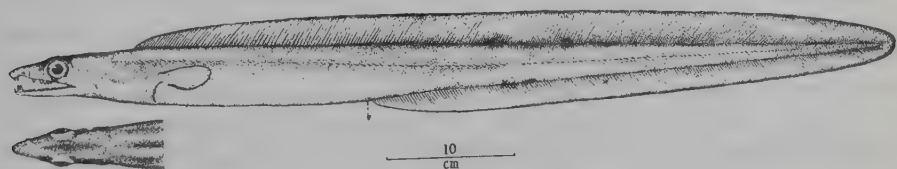


Fig. 16. Broad-nosed type found in *Muraenesox cinereus* (male) measuring 67.5 cm in total length.

* WALTER (1910) は、これらの2つの型をそれぞれ Schmalkopf, Breitkopf, 松井(1952) は狭頭鋭角性鰻および広頭鈍角性鰻とそれぞれよんだ。以下本文では広頭型 broad-nosed type および狭頭型 sharp-nosed type とよぶこととする。

**漁業者のいう“メンバチハモ”の特徴は、眼が大きく丸く、眼隔が広く、頭部の背面が濃茶褐色で、体全体は普通のハモよりも黒味が強く、むしろ紫褐色に近い色調を呈する。また頭部が長く、背鰭、臀鰭は長く、尾部は急に小さい。性質は著しく暴猛で、延縄では最初にかかったハモの尾部につきつきとかみついで数尾が一度に獲られることがしばしばある。魚体はみな小さい。などの諸点をあげている。

Table 44. Number of specimens and distribution of total length in two types of *M. cinereus* examined in detail in both external and internal characters.

Type	Sex	Number of specimens	Total length (cm)			
			Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Sharp-nosed type	Male	14	49.60~73.30	61.86±1.17	6.46±0.82	10.44±1.33
	Female	11	66.10~87.50	76.36±1.46	7.20±1.04	9.43±1.35
Broad-nosed type	Male	21	56.10~75.40	65.34±0.64	4.36±0.45	6.67±0.69
	Female	2	64.60~71.00	67.80		

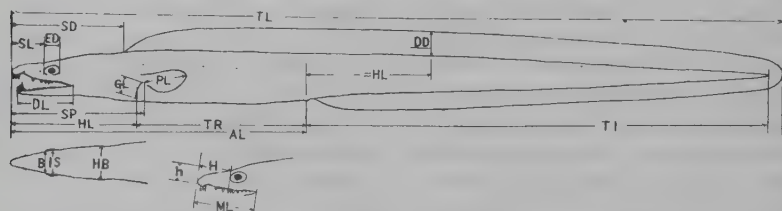


Fig. 17. Broad-nosed type in *M. cinereus*, showing topographical features and how certain measurements are made in identification. AF, anal fin base length; AL, anal length; BH, body height; BL, body length; CL, caudal fin length; DD, dorsal fin depth; DL, mandible length; ED, eye diameter; EV, vertical eye diameter; HB, head width; HL, head length; IS, interorbital space; ML, upper jaw length; PL, pectoral fin length; SD, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; SL, snout length; SP, distance from tip of snout to origin of pectoral fin; TI, tail length; TL, total length; TR, trunk length; H/B, snout angle; h/H, snout height.

本研究でのとくに重要な形質は吻高と吻角で、吻端から両眼の前縁を結ぶ線 (B) を含む断面に下した垂線 (H) および眼の先端から上顎骨の下縁までの距離 (h) を測定して、吻角 ($H/B = \tan \alpha$) および吻高 ($h/H = \tan \beta$) を求めた。内部形質については、全骨格系および消化系器管の諸形質をしらべ、とくに頭蓋骨については WALTER (1910) が用いたような X-ray による方法を併用した。数率の有意差の限界は信頼度 ($4\sqrt{(P\epsilon_A)^2 + (P\epsilon_B)^2} \leq |M_A - M_B| : P\epsilon$ は標準誤差, M は平均値) および増山 (1943) の棄却検定法のいずれかによって規定した。ただし、両型の雄の比較は F 法, すなわすそれぞれの不偏分散 u^2 , v^2 の比 F 値を求め、両個体群が同じ分散をするか否かを確かめ、さらに各形質についてそれぞれの値をグラフ上に表わしてかなり明瞭に区別されるものについて不偏分散 w^2 を求め、 F_0 を計算して検定した。なお、狭頭型の標本は前章 (第二章、雌雄による形態の相違) で用いたものを供試した。

実験結果

1. 外部形態

1) 同型内における雌雄の相違 (第45表, 第46表)

狭頭型に属する個体群で、雌雄間に有意差の認められる形質のうち、係数 (第45表の項目参照) の平均値が雌より雄の方が大きいものは、全長に対する肛長と軀幹長の2形質で、他の6形質、すなわち頭長に対する眼径、眼隔および背鰭鰭条長、吻長に対する眼隔と眼高、および吻角はいずれも雌の方が大きい値を示す (第45表)。一方、広頭型では全長に対する軀幹長と尾部長および頭長に対する背鰭の高さの3形質に雌雄間

Table 45. Proportional measurements and the reliabilities of sexual differences in various parts of body in so-called sharp-nosed type of *M. cinereus* taken from Suō-nada, in summer. Note: M., mean value; S. D. standard deviation; C. V., coefficient of variation; R., reliability; PE, probable error. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 17.

Sex	Male			Female			M _♀ -M _♂	$\sqrt{(PE_{♀})^2+(PE_{♂})^2}$	R.	♂ : ♀
	M.	S. D.	C. V.	M.	S. D.	C. V.				
TL/HL	6.59±0.08	0.44±0.05	6.68±0.85	6.32±0.04	0.21±0.03	3.37±0.49	0.27	0.09	3.00	=
TL/BH	16.47±0.24	1.36±0.18	8.23±1.05	16.28±0.26	1.27±0.18	7.80±1.12	0.19	0.35	0.54	=
TL/TR	4.04±0.03	0.16±0.02	4.46±0.57	3.75±0.04	0.20±0.03	5.33±0.77	0.29	0.05	5.80	>
TL/TI	1.72±0.02	0.10±0.01	5.81±0.75	1.75±0.03	0.12±0.02	6.86±0.98	0.03	0.04	0.75	=
TL/AL	2.51±0.02	0.10±0.01	3.98±0.51	2.35±0.01	0.07±0.01	2.95±0.42	0.16	0.02	8.00	>
HL/SL	3.39±0.03	0.14±0.02	4.13±0.52	3.40±0.06	0.31±0.05	9.12±1.31	0.01	0.07	0.14	=
HL/ED	7.52±0.09	0.47±0.06	6.25±0.83	8.54±0.11	0.52±0.07	6.09±0.88	1.02	0.14	8.00	<
HL/IS	6.57±0.08	0.45±0.06	6.85±0.87	7.48±0.09	0.48±0.07	6.42±0.92	0.91	0.12	7.58	<
HL/PL	3.06±0.04	0.22±0.03	7.19±0.92	3.23±0.03	0.17±0.03	5.26±0.76	0.17	0.05	3.40	=
HL/DL	3.55±0.05	0.31±0.04	8.73±1.11	4.04±0.05	0.19±0.03	4.70±0.80	0.49	0.07	7.00	<
HL/DD	5.56±0.23	1.12±0.16	21.94±2.89	6.46±0.18	0.73±0.12	11.30±1.91	0.89	0.29	3.07	=
SD/HL	1.00±0.01	0.07±0.01	7.00±0.89	1.02±0.01	0.08±0.01	7.84±1.13	0.02	0.01	2.00	=
SL/IS	1.92±0.02	0.13±0.01	6.77±0.86	2.00±0.01	0.02±0.003	1.00±0.14	0.08	0.02	4.00	<
SL/EV	3.04±0.04	0.21±0.03	6.91±0.88	3.54±0.06	0.30±0.04	8.47±1.22	0.50	0.07	7.14	<
ML/DE	1.10±0.01	0.03±0.01	2.36±0.30	1.09±0.01	0.20±0.003	1.83±0.26	0.01	0.01	1.00	=
H/B	1.53±0.01	0.09±0.01	6.01±0.77	1.61±0.01	0.08±0.01	4.97±0.71	0.08	0.01	8.00	<
TR/HL	1.64±0.01	0.07±0.01	4.27±0.55	1.63±0.01	0.04±0.01	2.45±0.35	0.01	0.01	1.00	=
ED/EV	1.33±0.03	0.18±0.02	13.53±1.98	1.42±0.02	0.11±0.01	7.75±1.11	0.09	0.04	2.25	=
h/H	2.03±0.04	0.20±0.03	9.85±1.31	2.12±0.05	0.21±0.03	9.91±1.50	0.08	0.06	1.33	=

Table 46. Proportional measurements and the value of rejection limits (Masuyama's method) of sexual differences in various parts of body in so-called broad-nosed type of *M. cinereus* taken from Suō-nada. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 17.

Sex	Male					Female		Rejective limit	♂ : ♀
Items	Range (No.)	Mean	U ²	U	F (0.05)	2 specimens			
TL/HL	5.53~7.17 (21)	6.20±0.05	0.18	0.42	4.35	6.45	5.64	--	=
TL/BH	15.37~19.84 (21)	16.94±0.18	1.41	1.19	4.35	19.19	20.18	—	=
TL/TR	3.70~4.35 (21)	3.95±0.02	0.03	0.17	4.35	3.56	3.47	3.95±0.36	>
TL/TI	1.66~1.83 (21)	1.71±0.01	0.001	0.03	4.35	1.86	1.89	1.71±0.06	<
TL/AL	2.24~2.62 (20)	2.42±0.01	0.001	0.03	4.38	2.30	2.48	—	=
HL/SL	3.29~3.89 (21)	3.52±0.03	0.03	0.17	4.35	3.33	3.69	—	=
HL/ED	6.15~7.77 (20)	6.87±0.07	0.19	0.44	4.38	6.29	6.74	—	=
HL/IS	4.57~6.23 (21)	5.35±0.06	0.19	0.44	4.35	5.70	5.65	—	=
HL/PL	2.66~3.74 (21)	3.18±0.05	0.09	0.30	4.35	2.89	2.91	—	=
HL/DL	2.96~4.20 (18)	3.37±0.07	0.17	0.41	4.45	3.55	3.15	—	=
HL/DD	4.80~6.70 (20)	5.58±0.10	3.25	1.80	4.67	6.88	6.98	5.58±3.98	<
SD/HL	1.01~1.18 (21)	1.10±0.01	0.001	0.03	4.35	1.04	1.06	—	=
SL/IS	1.23~1.73 (21)	1.51±0.02	0.26	0.51	4.35	1.71	1.68	—	=
SL/EV	1.86~2.67 (20)	2.33±0.03	0.05	0.22	4.38	2.36	2.18	—	=

ML/DE	1.04~1.19 (21)	1.10±0.01	0.002	0.14	4.35	1.10	1.18	—	=
H/B	0.60~1.50 (20)	1.23±0.03	0.04	0.20	4.38	1.07	1.46	—	=
TR/HL	1.45~1.92 (22)	1.57±0.01	0.01	0.10	4.38	1.81	1.23	—	=
ED/EV	1.07~1.36 (21)	1.17±0.07	0.01	0.10	4.35	1.25	1.20	—	=
h/H	1.00~2.18 (20)	1.73±0.05	0.15	0.31	4.38	1.73	2.11	—	=

の差異がみられる。すなわち、軀幹長では狭頭型におけると同じように雄よりも雌の方が長く、尾部長と背鰭の高さは雄の方が大きい。これら諸形質のうち、尾部長は狭頭型でも雌雄間に有意な差を示すが、狭頭型と広頭型とでは逆の関係があり、さらに背鰭の高さは狭頭型では雄の方が高い傾向があるが、有意差は認められない。

雌雄間に示される変異の幅をみると、狭頭型では測定した形質 19 のうち、全長に対する軀幹長と尾部長に対する吻長、吻端から背鰭起部までの距離に対する頭長、吻長に対する眼高と吻高の 7 形質はそれぞれ雌が雄におけるより変異の幅が大きい。しかし他の多くの形質では雄の変異が雌のそれに比して著しく大きい。広頭型では 46 表に示すようにすべて雄の変異が大きい。

ところで広頭型の雌はきわめて稀れで、著者が 3 年間に採集できた個体はわずか全長 64.6 cm と 71.0 cm の 2 尾である。これに対し広頭型の雄は産卵期およびその前後の期間にはきわめて普通に出現する。

日本産ウナギでのこれらの形質を検討すると(松井, 1952), 眼径は雄が大きく、吻長および眼隔は雌が大きい。吻角、吻高、背鰭の高さおよび吻端から背鰭起部までの距離などの形質には差異がない。しかし変異の幅は眼隔を除いたすべての形質で雌が大きい。また広頭鈍角型鰻と狭頭鋭角型鰻との間では有意差はないが両極端のものを比較すると雌が雄に比して吻角、吻高ともに大きい。ヨーロッパ産ウナギでは眼径は雄の方が大きいことを JACOBY (1880), WALTER (1910) などが、また吻角および吻高は雌の方が大きいことを JACOBY (1880), WALTER (1910), BELLENI (1907) などがそれぞれ報告している。

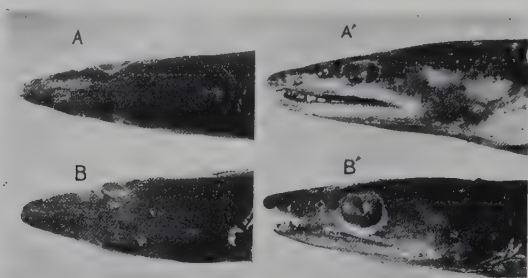


Fig. 18. Showing the shape of head in two types so-called sharp-nosed (A, A') and broad-nosed (B, B') in male of *M. cinereus* taken from Suō-nada, a western part of the Inland Sea of Japan, in summer. A and B, upper view; A' and B', lateral view. Total length: 69.8 cm in A and 67.4 cm in B.

2) 両型間の雌雄の相違

第45表および第46表の結果にもとづき、両型における各形質の係数(第45表の項目参照)平均値を性別に図示(第19図)し、差異とその傾向をみると、全長に対する体高、頭長に対する背鰭鰭条長、吻長に対する眼隔、眼径に対する眼高などに傾向的な差異がみられる。さらに各形質の係数値と全長との関係(第20図)

においてかなり明瞭に区別される形質は、雄では全長に対する頭長、頭長に対する眼径、胸鰭長および眼隔、吻長に対する眼高、眼径に対する眼高、吻高および吻角などである。そこでこれらの形質についてF一法を用い、母分散が同一であると認められた形質について平均値を比較してみると（第47表）、両型の間で差異のある形質は全長に対する軀幹長および体高を除いた他の諸形質である。すなわち、全長との関係における軀幹長、頭長との関係における眼径、頭長に対する眼隔と眼高はいずれも狭頭型に比較して広頭型の方が大きく、また眼径に対する眼高、すなわち眼形は広頭型の方が丸いことが認められる。しかし、頭長に対する胸鰭長の形質は広頭型に比較して狭頭型の方が大きい（第47表）。さらに雌で有意差の認められる4形質（第47表）は、いずれも狭頭型に比較して広頭型の方が大きい。そして以上の有意差の認められる形質のうち、傾向性の著しいものは頭長に対する眼径および眼隔、吻長に対する眼高および眼隔、眼径に対する眼高、す

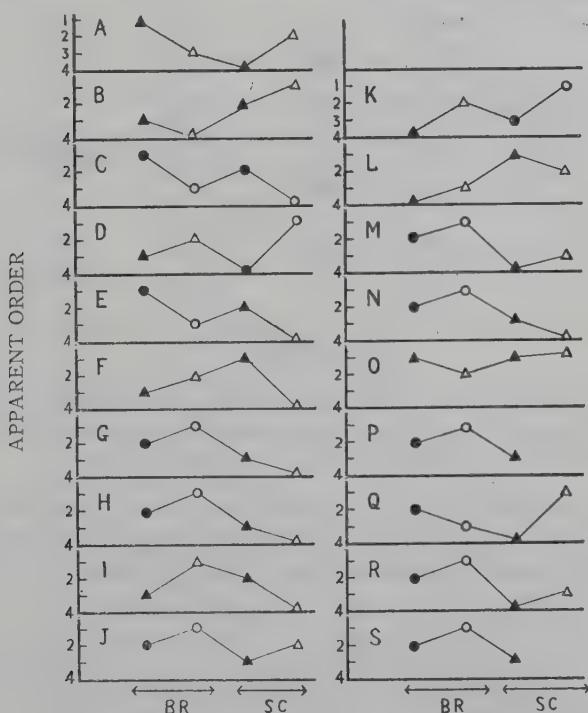


Fig. 19. Showing the sexual difference and its tendency of average coefficient of various parts of body in male (black point) and female (white point) in two types, so-called sharp-nosed (BR) and broad-nosed (SC) in *M. cinereus*. Note: circles, no significant difference; triangles, significant difference. A, Head length into total length; B, body height into total length; C, trunk length into total length; D, tail length into total length; E, anal length into total length; F, snout length into head length; G, eye diameter into head length; H, interorbital width into head length; I, pectoral fin length into head length; J, dorsal fin length into head length; K, dorsal fin depth into head length; L, head length into distance from tip of snout to origin of dorsal fin; M, interorbital width into snout length; N, vertical eye diameter into snout length; O, eye diameter into upper jaw length; P, snout angle (H/B); Q, head length into trunk length; R, vertical eye diameter into eye diameter; S, snout height.

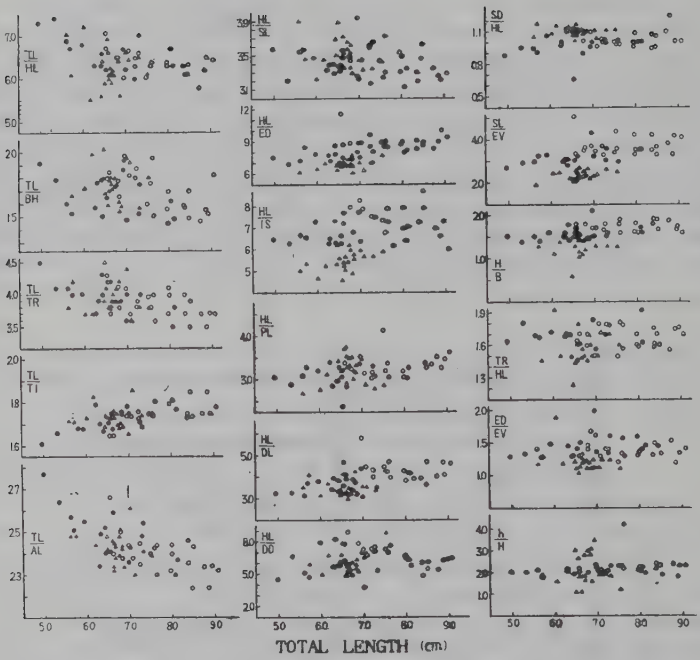


Fig. 20. Relation between the total length and ratio of proportions of various parts of body in male and female in two types so-called sharp-nosed and broad-nosed in *M. cinereus*. Black point, male; white point, female; circle, sharp-nosed type; triangle, broad-nosed type. Abbreviations for characteristics of body, see Fig. 17.

Table 47. Biometric constants and test of difference of average coefficient of various parts of body in each male (F-method) and female (Masuyama's rejective limit) in two types so-called sharp-nosed and broad-nosed in *M. cinereus*. BR, sharp-nosed type; SC, broad-nosed type. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 17. Number of specimens was put in parenthesis.

Items	Type		Male					Female			Rejective limit	BR: SC
	BR	SC	F ₀	F	F' ₀	F'	BR: SC	BR	SC			
TL/HL	5.97~7.41 (14)	5.53~7.17 (21)	0.95	2.28	6.94	4.15	>	5.79~6.52 (11)	6.45	5.64	—	=
TL/TR	3.74~4.46 (14)	3.70~4.35 (21)	0.75	2.28	2.08	4.15	=	3.54~4.12 (11)	3.56	4.47	—	=
TL/BH	14.73~19.08 (14)	15.37~19.84 (21)	0.71	2.28	1.28	4.15	=	14.58~18.30 (11)	19.19	20.18	16.28 ±3.06	=
HL/ED	6.86~8.50 (14)	6.15~7.77 (20)	0.91	2.31	16.02	4.16	>	7.50~9.63 (11)	6.29	6.74	8.54 ±1.30	>
HL/PL	2.78~3.53 (14)	2.66~3.74 (21)	1.50	2.28	15.14	4.15	<	3.04~3.53 (11)	2.80	2.89	3.23 ±0.44	=
HL/IS	6.14~7.40 (14)	4.59~6.23 (21)	0.86	2.28	62.69	4.15	>	6.77~8.65 (11)	5.70	6.19	7.48 ±1.53	>
SL/IS	1.60~2.15 (14)	1.23~1.73 (21)	1.50	2.28	61.07	4.15	>	1.19~2.50 (11)	1.71	1.68	—	=

SL/EV	2.71~3.56 (14)	1.86~2.67 (20)	1.00	2.31	88.03	4.16	>	2.96~4.20 (11)	2.36	2.18	3.54 ±0.74	>
ED/EV	0.72~1.61 (14)	1.07~1.36 (21)	0.25	2.28	10.24	4.15	>	1.30~1.65 (11)	1.25	1.20	1.42 ±0.06	>
h/H	1.75~2.26 (13)	1.00~2.18 (20)	3.00	2.38	—	—	—	1.66~2.38 (10)	—	—	—	—
H/B	1.38~1.75 (14)	0.60~1.50 (20)	4.00	2.31	—	—	—	1.42~1.82 (11)	—	—	—	—

Table 48. Biometric constants and test (F-method) on difference of average coefficient of various parts of body in male broad-nosed type and female sharp-nosed type in *M. cinereus*. BR, sharp-nosed type; SC, broad-nosed type. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 17. Number of specimens was put in parenthesis.

Items	BR	SC	Examination					BR : SC
	Range	Range	F ₀	F	W ²	F' ₀	F'	
TL/HL	5.79~6.52 (11)	5.97~7.41 (14)	0.26	2.67	0.13	3.31	4.28	=
TL/TR	3.54~4.12 (11)	3.74~4.46 (14)	1.00	2.67	0.04	44.66	4.28	<
TL/BH	14.58~18.30 (11)	14.73~19.08 (14)	0.88	2.67	1.71	0.68	4.28	=
HL/ED	7.50~9.63 (11)	6.68~8.50 (14)	1.41	2.67	0.18	34.93	4.28	>
HL/PL	3.04~3.53 (11)	2.78~3.53 (14)	0.67	2.67	0.04	3.08	4.28	=
HL/IS	6.77~8.65 (11)	6.14~7.40 (14)	1.41	2.67	0.26	21.56	4.28	>
SL/IS	1.19~2.50 (11)	1.60~2.15 (14)	0.26	2.67	0.13	3.76	4.28	=
SL/EV	2.96~4.20 (11)	2.71~3.56 (14)	2.60	2.67	0.08	38.50	4.28	>
ED/EV	1.30~1.65 (11)	0.72~1.61 (14)	0.25	2.67	0.27	2.03	4.28	=
h/H	1.66~2.38 (10)	1.75~2.26 (13)	1.00	2.80	0.05	2.00	4.32	=
H/B	1.42~1.82 (11)	1.38~1.75 (14)	4.00	2.67	—	—	—	—

Table 49. Comparison of external meristic characters in two types so-called sharp-nosed (BR) and broad-nosed (SC) in *M. cinereus*. No., Number of specimens; RA., range; M., mean; S. D., standard deviation; C. V., coefficient of variation; Pe, probable error; R., reliability.

Type	Items	No.	RA.	M.	S. D.	C. V.
BR	Pores in lateral line	13	140~155	149±0.67	3.63±0.48	2.44±0.32
	Pores in lateral line before vent	13	42~46	43.38±0.27	1.44±0.19	3.32±0.44
	Pectoral fin rays	13	15~16	15.92±0.08	0.26±0.34	1.62±0.22
SC	Pores in lateral line	15	149~152	150.20±0.35	1.17±0.25	0.78±0.17
	Pores in lateral line before vent	15	41~45	42.40±0.22	1.02±0.16	2.41±0.36
	Pectoral fin rays	15	16	16	—	—
Items		MBR-MSC		$\sqrt{(Pe_{BR})^2 + (Pe_{SC})^2}$		R.
Pores in lateral line		1.20		0.76		1.58
Pores in lateral line before vent		0.98		0.35		2.80
Pectoral fin rays		—		—		—

なわち眼形に関する諸形質である。これらの形質はいずれも前章(第二章、雌雄による形態の相違)で述べたように生殖腺の成熟現象にともなって変化する形質、つまり二次性徴に関与する形質である。そして他の形質は同型の雌雄間、まれに両型間において有意差を示すが、それぞれの変異の幅からみて両型固有の形態的特徴としては薄弱である。

3) 外部体節の形質の比較

2つの型に属する個体群の外部体節の形質を比較すると(第49表)、いずれも変異は連続しており、有意な差異および変異の特徴的な偏りは認めがたい。すなわち全側線孔数では狭頭型では140~155の変異を示すのに対して広頭型では149~152で重複し、両者を含めたこの形質の変異は高井ほか(1954)が周防灘産ハモでしらべた側線孔数の変異内に含まれている。また肛門までの側線孔数においても両型それぞれの変異は連続している。さらに胸鰭条数でも両型間に差異がない。以上の結果からみて両型の発生環境には著しい差のないことがわかる。

2. 内部形態

1) 骨格の構造と形態

広頭型に属する代表的な雌雄をそれぞれ供試し、さらに片山と高井(1953)、高井ほか(1954)および後章に掲げた狭頭型の雌雄それぞれの内部形態とを比較検討した結果、第23図~第26図にあげたように両型間に差異が認められなかった。すなわち、広頭型は内部構造からみて普通のハモであり、変種またはそれ以上の分類学的単位としての有意義な自然群でないと考えられる。WALTER(1910)はヨーロッパ産ウナギの狭頭型と広頭型との内部形態の相違点として、広頭型では主上顎骨の彎曲度が狭頭型のそれに比して大きいことをあげたが、ハモにおいても広頭型の雄のなかに第21図および第24図に示したような主上顎骨の彎曲度の強い個体が21%出現した。しかし、このような主上顎骨の彎曲した形は100 cm以上の高年魚では普通にみられることから、成長段階による形態変異に含まれるものとみられる。

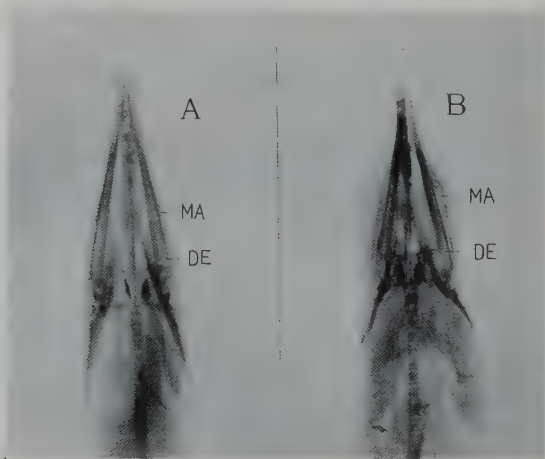


Fig. 21. Shape of maxillary and dentary bones of *M. cinereus* shown by photograph of X-ray. From below. A, sharp-nosed type; B, broad-nosed type. MA, maxillary; DE, dentary.

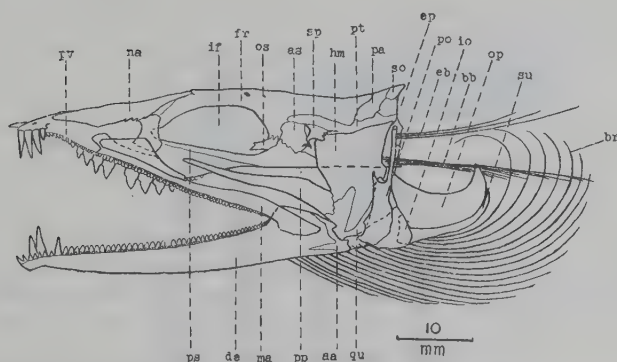


Fig. 22. Skull of so-called broad-nosed type in *M. cinereus*. aa, articular-angular; as, alisphenoid; bb, basioccipital brush; br, branchiostegal rays; de, dentary; eb, exoccipital brush; ep, epiotic; fr, frontal; hm, hyomandibular; if, interorbital opening; io, interopercle; ma, maxillary; na, nasal; os, orbitosphenoid; op, opercle; pa, parietal; po, preopercle; pp, palatopterygoid; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; ps, parasphenoid; pt, pterotic; qu, quadrate; so, supraoccipital; sp, sphenotic; su, subopercle.

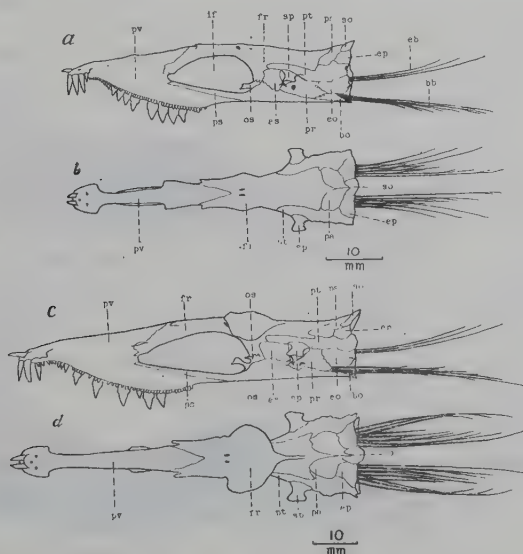


Fig. 23. Cranium of so-called broad-nosed type in *M. cinereus*. a and b, male; c and d, female; a and c, lateral aspect; b and d, upper aspect. as, alisphenoid; bb, basioccipital brush; bo, basioccipital; eb, exoccipital brush; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; if, interorbital opening; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pr, pterotic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic.

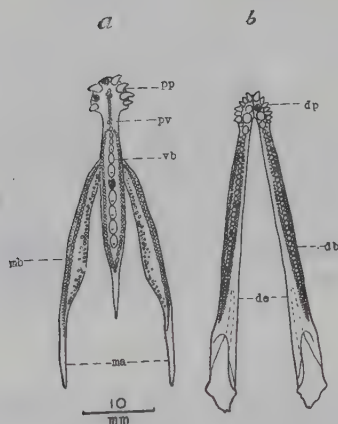


Fig. 24. Upper and lower dentition in broad-nosed type of *M. cinereus*. a, view from below of upper jaw; b, view from above of lower jaw. db, dentary band of teeth; de, dentary; dp, dentary patch of teeth; ma, maxillary; mb, maxillary band of teeth; pp, premaxillary patch of teeth; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; vb, vomerine band of teeth.

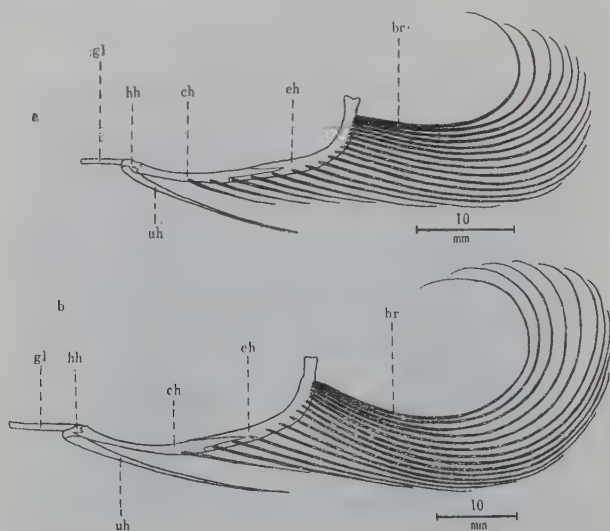


Fig. 25. Left side of hyoid arch in broad-nosed type of *M. cinereus*. a, male; b, female. br, branchiostegal ray; ch, ceratohyal; eh, epihyal; hh, hypohyal; gl, glossohyal; uh, urohyal.

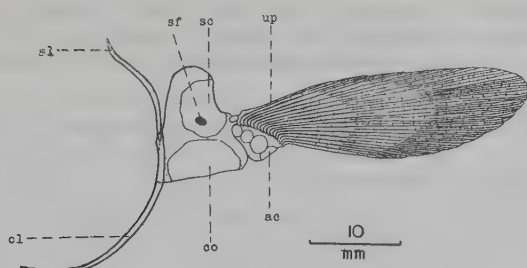


Fig. 26. Lateral view of left side of pectoral girdle in broad-nosed type of *M. cinereus*. Cartilage stippled. ac, actinost; cl, cleithrum; co, coracoid; sc, scapula; sf, scapula foramen; sl, supracleithrum; up, pectoral fin ray.

2) 体節の形質 (第50表)

両型に属する個体群の内部体節の形質について比較した結果、外部の体節的形質と同じようにまったく差異が認められなかった。すなわち脊椎骨数は狭頭型では143~157、広頭型では105~154の変異を示し連続する。肛門までの脊椎骨数、腹椎骨数および尾椎骨数においても両型間にそれぞれ差異は認められない。

Table 50. Comparison of internal meristic characters in two types so-called sharp-nosed (BR) and broad-nosed (SC) of *M. cinereus*. M., mean value; P ϵ , probable error; R., reliability. No., number of specimens.

Type	Items	No.	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
BR	Total vertebrae	13	143~157	150.77 $\pm$ 0.67	3.57 $\pm$ 0.47	2.87 $\pm$ 0.31
	Vertebrae before vent	13	43~47	44.57 $\pm$ 0.24	1.28 $\pm$ 0.17	2.87 $\pm$ 0.38
	Abdominal vertebrae	13	65~69	66.85 $\pm$ 0.23	1.23 $\pm$ 0.16	1.84 $\pm$ 0.24
	Caudal vertebrae	13	77~88	82.38 $\pm$ 0.71	3.79 $\pm$ 0.50	4.60 $\pm$ 0.61
SC	Total vertebrae	15	150~154	151.60 $\pm$ 0.41	1.36 $\pm$ 0.29	0.90 $\pm$ 0.19
	Vertebrae before vent	15	42~47	44.60 $\pm$ 0.53	1.74 $\pm$ 0.37	0.39 $\pm$ 0.08
	Abdominal vertebrae	15	65~68	66.20 $\pm$ 0.30	0.98 $\pm$ 0.21	1.48 $\pm$ 0.32
	Caudal vertebrae	15	85~86	85.20 $\pm$ 0.12	0.40 $\pm$ 0.10	0.47 $\pm$ 0.10

	M $\overline{\text{BR}}$ -M $\overline{\text{SC}}$	$\sqrt{(\text{P}\epsilon\overline{\text{BR}})^2 + (\text{P}\epsilon\overline{\text{SC}})^2}$	R.
Total vertebrae	0.83	0.78	1.06
Vertebrae before vent	0.03	0.58	0.05
Abdominal vertebrae	0.65	0.38	1.71
Caudal vertebrae	2.82	0.72	3.91

3. 両型の全長組成

1954年5月から1955年11月までの間に周防灘水域で漁獲されたハモのうちから採集した広頭型に属する標本の全長組成 (第51表)、さらに1955年8月から10月までの間、上記水域で採集した標本の全長組成 (第27図) と1954年5月から1955年11月までの間に測定した狭頭型のハモとをそれぞれ比較した結果は第51表と第27図の通りである。すなわち前者での広頭型の全長組成は 56.10~75.40 cm で平均値は 64.55 $\pm$ 0.62 cm である。一方、後者では 55.08~84.6 cm、その平均値は 69.73 $\pm$ 1.47 cm で前者に比して全長組成の重心が

Table 51. Composition of total length in two types so-called sharp-nosed (BR) and broad-nosed (SC) of *M. cinereus*, taken from the central waters of Suō-nada, western part of the Inland Sea of Japan in from May 1954 to Nov. 1955. Number of specimens was put in parenthesis.

Type	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
BR	28.10~145.20 (462)	64.10±0.44	14.10±0.31	21.99±0.48
SC	56.10~75.40 (23)	64.55±0.62	4.51±0.45	6.97±0.69

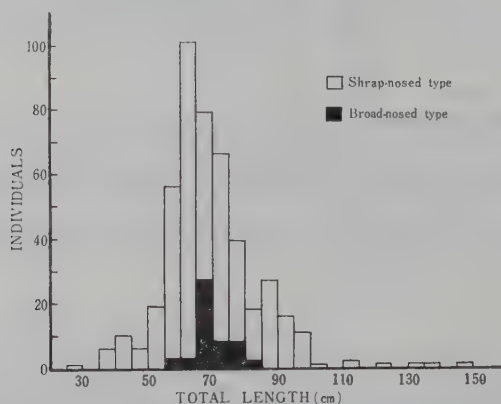


Fig. 27. Frequency distribution of total length in two types so-called sharp-nosed (white) and broad-nosed (black) of *M. cinereus* taken from the central waters of Suō-nada, from May 1954 to Sept. 1956.

やや大きい方に偏っているがおおよそ相似している。ところで狭頭型に属する個体群の全長範囲は 28.10～145.20 cm でその重心は 60～65 cm の範囲にみられる。つまり、広頭型に属する個体群の大きさは周防灘水域で漁獲される狭頭型に属する個体群の全長組成のはほぼ重心の範囲に位置する。そして広頭型に属する個体群はすべて生殖腺がよく発達しており、成魚の成長段階に達していることから広頭型の個体群は産卵群のなかの比較的小型群に属することがわかる。このことは BELLENI (1907) および WALTER (1910) がヨーロッパ産ウナギで特異な狭頭型は下りウナギの雄に多く、そして体長がもっとも小さい群に属するとしたことによく似ている。

考 察

前述の結果にもとづいて、ハモの狭頭型および広頭型の生物学的意義について考察するに、外部形態において両者が顕著に相違する形質としては、眼径、眼隔および眼高などであるが、これらは生殖腺の発達にともない二次性徴として起る眼の変化が頭部の形態に影響をおよぼす結果であることは本章および前章（第二章、雌雄による形態の相違）における外部形質の測定結果から明らかであり、またこれらの形質に関係のある内部諸形質においてはなんら形態変化が認められない事実からも裏付けることができる。二次性徴として眼形が変化するたについては、すでにヨーロッパ産ウナギで PETERSEN (1906) やその他多くの研究者

が、また大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* で CUNNINGHAM (1896), PÉRAD (1930) などがそれぞれこの現象を認めている。ことに前者のヨーロッパ産ウナギについて D'ANCONA (1927) は成熟魚は未成魚 (yellow eel) に比して眼径は二倍以上、また網膜の表面は4倍以上に拡がり、さらに眼の全量は8倍以上に肥大し、そしてこの異状肥大は充血の状態であって、一方多くの視覚細胞は固定し、増大した網膜から完全にはなれ、その結果としてついに光を知覚することができなくなり、PÉRAD (1930) のいう“めくらあなご” (rubber conger) の状態にまで達することを明らかにしている。

さらにハモでは、両型それぞれに属する個体群の内部形質および体節的形質の変異はそれぞれ連続し、すべて同種内変異に止まっていることなどから、亜種や種またはそれ以上の段階で示されるような分類学的分化を認めることはできない。雌雄に関しては、雌雄差の認められる眼径、眼隔および吻型に關与する諸形質と広頭型の特徴的形質とが同じであること、つまり広頭型は狭頭型の雄の特徴をもつことが認められる。しかし広頭型の個体群にはごく稀れであるが雌が含まれており、この両型の相違が単に雌雄の成長度の相違によるもの、または内的因子によって起る雌雄としての形態的相違ではないことが明らかである。ヨーロッパ産ウナギでは TÖRLITZ (1922) が狭頭型に雌が多いが、いずれの型にも雌雄が存在することを明らかにし、JACOBY (1880) や BELLENI (1907) が広頭型は雄であり、狭頭型は成長の良好な雌であるという説を否定している。松井 (1952) も日本産ウナギの吻型の相違について、ただ性によるものでないことを実験的に証明した。

さらに生殖腺の発達程度についてみるに、著者が周防灘産のものについて永年にわたって観察したところでは、広頭型に属する個体の生殖腺はすべて成熟あるいは完熟の発達段階に達していることがわかった。これに対し産卵期に普通に出現する狭頭型のものもほとんど成熟・完熟の状態に発達している。したがってこれら両型が成熟度の相違によるものでないことも明らかである。また両型の全長範囲をみると狭頭型は未成魚・成魚の広い成長範囲にわたるが、広頭型は雌雄ともに成体としては小さい全長範囲に含まれる。また広頭型は4年～5年魚が主体をなし、かつ各年令群の全長は小さい方に偏っている。したがって大きいものはほとんど狭頭型である。つまり比較的若い成魚や新しく産卵に加った群のなかで成長度の悪いものがとくに著しい二次性徴を示すとみられる。すなわち、これが広頭型で、他のものが狭頭型である。要するにこのような両型を発現させる基本的要因は成長度にあるように考えられる。また産卵期における両型、とくに比較的小さい全長をもつ狭頭型の群（主として雄の群）と広頭型の群の濃度は漁獲における豊度からみてかなり相違し、前者が著しく濃いようである。そして前者の群が一時に多量に漁獲されたときの広頭型の混入率をみるとほとんどのばあい0に近かい。また、両型の性質を比較すると広頭型のものが暴猛であるが、漁獲時あるいはその後を受ける外的刺激に対しての抵抗力は著しく弱い。これらのことから両型それぞれの群を想像することができる。したがって産卵場を同じくするこれらの群の成長度の相違は孵出してから成体に達するまでの栄養の量あるいは質的生活過程の違いによるようにみられる。

ところでヨーロッパ産ウナギで TÖRLITZ (1922) と EHRENBAUM (1928) は広頭型は浅い淡水に多く生息し、肉食性でとくに魚類を、狭頭型のは海辺や淡水域では深い場所に生息し、雑食性で、無脊椎動物をそれぞれ多く捕食していること、つまり生息場所や、食性ととくに餌料の質的な差異のあることを明らかにした。ハモにおいても、結局このような要因によってそれぞれ発育を異にし、初期の成体の段階において性徴が強くあらわれるものとそうでないものとの個体群、すなわち広頭型のもものと狭頭型のもものが現われると考えられる。

以上のことからみて、これらの型の群は性徴の強弱にもとづく差異によって認められる群であるが、基本的には TURESSEN (1922) の生態型の範疇に属するそれぞれの群と考えるのが適當のように思われる。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するハモの広頭型および狭頭型の形態上の相違および両型の生物学的見解についてしらべた。

2. 兩型で著しく相違する形質は眼隔、眼径および眼高の3形質である。
3. 兩型で特徴をしめす形質は二次性徴としての形質であり、また雌雄差を示す形質でもある。
4. 二次性徴の著しいものが広頭型、そうでないものが狭頭型である。
5. 広頭型は雌雄ともに小型の成魚にみられる。
6. 兩型の現われる要因としては環境にもとづく成長度の相違、とくに栄養的な生活過程の相違によると思われる。

第四章 成長にともなう形態の変化

Chapter IV. Morphological transformation with growth

ま え が き

成長過程における体形の変化は年令、成長および環境と密接な相互関係をもっている。このような基本的な事柄は松井（1952）が日本産ウナギの研究で述べているように、生態、資源および増殖学上の基礎的問題として重要である。ヨーロッパ産ウナギでは幼期の形態変化について SCHMIDT（1912）、GRASSI（1913）および FORD（1931）などの、また未成魚期や成魚期や体形の変化に関して PETERSEN（1894）、WALTER（1910）、TÖRLITZ および EHRENBAUM（1929）などの業績が、また日本産ウナギでは成長と外部形態の関係について松井（1952）の詳細な研究がみられる。しかしハモやマアナゴについては1、2の断片的研究がみられるにすぎない。

著者は周防灘ハモおよびマアナゴの成長過程における各形質の変化、とくに前者では成体に達する時期、後者では稚魚および初期の未成魚のそれをおもにしらべた。

実験の材料および方法

供試したハモは1951年6月から1953年10月の間、周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡および光市沿岸で小型機船底曳網や延縄などによって漁獲された全長28.1~132.5 cmの標本157尾である。マアナゴでは実験材料の関係から半稚魚期から初期未成魚までと、初期未成魚から成魚に達するまでに分けて実験した。前者は1957年4月17日周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡沿岸で採集した伸長期の仔魚を実験水槽で同年の7月20日まで飼育し、その間、第25表（第一章、仔魚および稚魚の形態）に示す成長段階の区分に従って、これらを4月23日（半稚魚期 I、全長10.66~9.33 cm）、4月25日（半稚魚 II、全長9.17~8.34 cm）4月30日（半稚魚期 III、全長8.52~7.49 cm）、5月6日（稚魚期の初期、全長7.10~7.94 cm）、5月9日（稚魚期の後期、全長7.21~8.12 cm）、5月19日（未成魚期、全長7.20~8.49 cm）、6月18日（未成魚期、全長9.00~10.80 cm）、7月20日（未成魚期、全長10.73~13.37 cm）にそれぞれ固定し、供試した。後者では1950年9月から1951年8月31日までの間に、周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡沿岸で延縄、小型機船底曳網およびアナゴ籠などで漁獲した全長11.82~55.45 cmの標本105尾を供試した。外部形態の測定部位は第12図（第二章、雌雄による形態の相違）の通りである。また外部各形質の係数の平均値は、各級の係数の平均値が全長の伸びに対して無関係であることを帰無仮設としてF検定を用いて比較した。また母分散が同一でなかった形質については信頼係数95%の信頼限界を次式

$$\Pr \{ \bar{x} + u \sqrt{F/N} \geq m \geq \bar{x} - u \sqrt{F/N} \} = 1 - \alpha.$$

（ただし、 $n_1 = 1$, $n_2 = N - 1$ ）

によって両者の有意差を規定した。なお標本が1個体の場合は棄却検定法（増山、1943）

$$\bar{x} \pm u \{ (N+1) F/N \}^{1/2}$$

によって求めた。

実験結果

A. ハモ

1. 外部形質

1) 係数の平均値の変化

各形質の係数(全長に対する百分率)の平均値と全長との関係を第28図に、また成長段階を級間 10 cm の幅で区分した各級の係数の平均値を第52表に掲げた。第28図をみると尾部長(TI)、肛長(AL)、吻長(SL)、吻端から背鰭基部までの距離(SD)、臀鰭基底長(AFL)、胴廻り(R)および体高(BH)などの形質では比較的安定した成長傾向を示すが他の形質は変異が大きく、傾向は明らかでない。これらのうち、尾部長の1形質は全長の伸びに対して顕著な劣成長を示す(第28図A)。(そしてハモの最小の成熟体長はおよそ雄魚では45 cm、雌魚では55 cmで、成熟時期に成長屈折が認められる形質はわずかに吻長、眼径、尾部長、肛長および眼隔などの諸形質で、他の多くの形質ではこの関係は明瞭でない。さらに各成長区間における係数の平均値(第52表)をみると眼隔は雌雄不明の系列では漸増し、雌では40~50 cm区間の平均値が小さいが、全体的には減少の傾向を示す。吻長では雌の成長過程における50~60 cm、110~120 cmの2区間を除くと各系列ともに漸増傾向が認められる。眼径は雌ではほとんど傾向的な差はないが、雌雄不明の系列では30~

Table 52. Average of measurements of various parts of body in *Muraenesox cinereus* expressed in hundredths of total length. The samples measured are grouped in 10 cm interval. Number of specimens examined is parenthesized.

Items	Sex	Total length grouped in 10 cm interval											
		20~ 30	30~ 40	40~ 50	50~ 60	60~ 70	70~ 80	80~ 90	90~ 100	100~ 110	110~ 120	120~ 130	130~ 140
Interorbital width (IS/TL) × 100	Unknown	1.88 (1)	1.89 (25)	2.03 (30)	2.06 (55)								
	Male			2.10 (3)	2.26 (15)	2.24 (18)	2.10 (7)						
	Female			1.66 (2)	2.30 (3)	2.02 (11)	2.02 (22)	2.04 (7)	2.18 (5)	1.95 (2)	1.90 (2)	1.90 (2)	1.81 (1)
Vertical eye diameter (EV/TL) × 100	Unknown		1.08 (2)		1.10 (1)								
	Male			1.41 (2)	1.37 (7)	1.50 (11)	1.30 (7)						
	Female					1.21 (7)	1.27 (7)	1.30 (10)					
Pectoral fin length (PL/TL) × 100	Unknown	4.63 (1)	4.86 (14)	4.63 (4)	5.13 (3)								
	Male			4.44 (2)	4.72 (8)	4.60 (12)	5.07 (7)						
	Female					4.77 (7)	5.11 (11)	4.85 (12)		5.19 (1)	4.63 (1)	4.45 (1)	
Eye diameter (ED/TL) × 100	Unknown	1.71 (1)	1.58 (25)	1.70 (30)	1.83 (55)								
	Male			1.82 (3)	1.87 (15)	1.51 (18)	1.98 (8)						
	Female			1.89 (2)	2.10 (3)	1.81 (11)	1.89 (20)	1.84 (17)	1.95 (5)	2.00 (2)	1.81 (2)	1.81 (1)	
Body height (BH/TL) × 100	Unknown	3.56 (1)	3.93 (14)	4.73 (4)	5.00 (3)								
	Male			5.00 (2)	5.57 (8)	6.05 (12)	6.48 (7)						
	Female					5.57 (7)	6.51 (11)	6.32 (11)		6.69 (1)	6.32 (1)	7.40 (1)	

Body girth (R/TL) × 100	Unknown	12.49 (1)	13.32 (14)	15.00 (3)	16.67 (3)								
	Male			14.71 (1)	16.25 (4)	17.90 (5)	18.00 (5)						
	Female					16.75 (4)	18.25 (4)	19.50 (4)		20.18 (1)	16.09 (1)	20.00 (1)	
Dorsal fin depth (DD/TL) × 100	Unknown	2.49 (1)	2.05 (14)	2.50 (4)	2.40 (3)								
	Male			4.23 (1)	2.75 (4)	2.61 (9)	2.77 (3)						
	Female					2.28 (6)	2.33 (9)	2.76 (7)		2.70 (1)	2.19 (1)		
Anal fin base length (AFL/TL) × 100	Unknown	39.86 (1)	38.14 (14)	37.50 (3)	40.40 (3)								
	Male			36.69 (1)	40.37 (4)	40.67 (4)	41.00 (5)						
	Female					40.37 (4)	41.07 (7)	43.87 (8)		44.96 (1)	45.16 (1)	44.68 (1)	
Snout length (SL/TL) × 100	Unknown	3.45 (1)	3.60 (21)	3.72 (22)	3.99 (49)								
	Male			4.10 (2)	4.21 (13)	4.37 (15)	4.43 (7)						
	Female				4.10 (2)	4.05 (11)	4.38 (21)	4.62 (17)	5.06 (5)	5.10 (2)	4.90 (2)	5.21 (1)	
Distance from tip of snout to origin of dorsal fin (SD/TL) × 100	Unknown	12.45 (1)	12.61 (14)	12.40 (4)	13.67 (3)								
	Male			12.10 (1)	13.48 (4)	14.78 (5)	15.30 (5)						
	Female					13.37 (4)	14.07 (7)	14.86 (8)		15.00 (1)	15.75 (1)	16.45 (1)	
Head length (HL/TL) × 100	Unknown	13.52 (1)	13.92 (14)	13.50 (4)	14.70 (3)								
	Male			13.69 (2)	14.20 (8)	15.43 (12)	15.28 (7)						
	Female					15.00 (7)	15.36 (11)	16.30 (12)		17.30 (1)	17.27 (1)	17.89 (1)	
Anal length (AL/TL) × 100	Unknown	38.43 (1)	37.07 (14)	36.37 (14)	38.90 (3)								
	Male			36.06 (2)	38.75 (8)	40.47 (12)	40.43 (7)						
	Female					40.07 (7)	40.91 (11)	42.54 (12)		42.00 (1)	43.98 (1)	43.62 (1)	
Trunk length (TR/TL) × 100	Unknown	24.90 (1)	22.90 (14)	23.12 (4)	24.20 (3)								
	Male			22.39 (2)	24.62 (8)	24.90 (12)	24.78 (7)						
	Female					24.72 (7)	25.50 (11)	26.29 (12)		24.70 (1)	28.34 (1)	25.74 (1)	
Tail length (TI/TL) × 100	Unknown	59.07 (1)	60.72 (14)	61.75 (4)	59.50 (3)								
	Male			62.30 (2)	59.06 (8)	57.73 (12)	58.25 (6)						
	Female					58.43 (7)	57.23 (11)	55.77 (11)		57.30 (1)	54.84 (1)	55.25 (1)	

40 cm, 雄では60~70 cmの区間を除くと増加傾向が認められる。また肛長では雌雄ともに増加傾向を示す。胴廻りは雌における110~120 cmの成長区間を除くと各系列ともに増加傾向を示す。

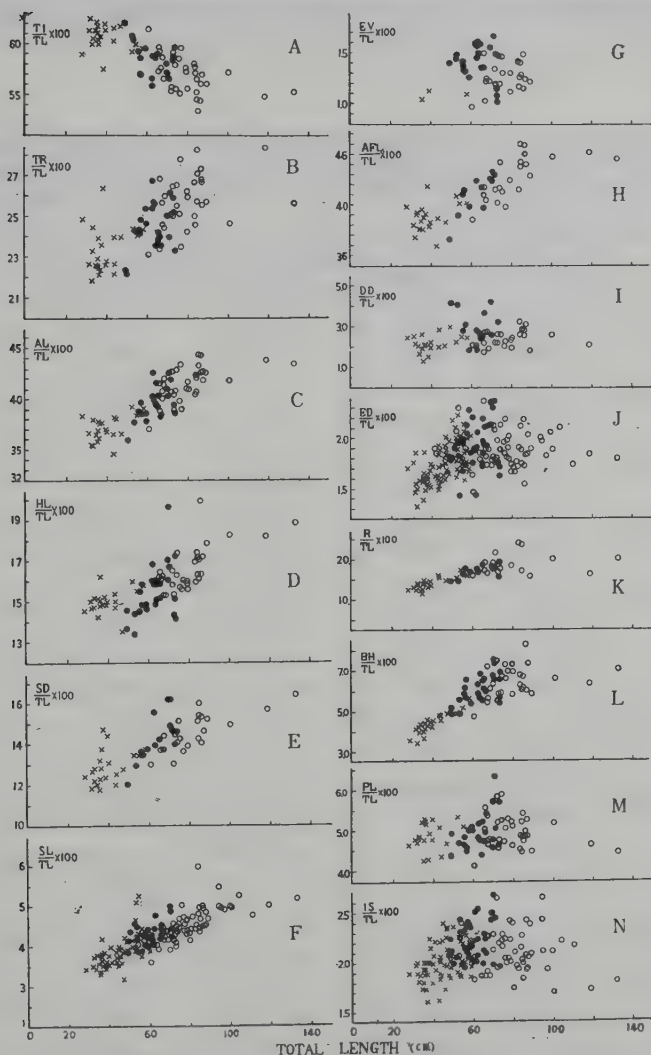


Fig. 28. Relation between the total length (in cm) and measurements of various parts of body expressed in hundredths of the total length in *M. cinereus* taken from Suō-nada. A, tail length; B, trunk length; C, anal length; D, head length; E, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; F, snout length; G, vertical eye diameter; H, anal fin base length; I, dorsal fin depth; J, eye diameter; K, body girth; L, body height; M, pectoral fin length; N, interorbital width.

以上の概観を統計的に吟味する。まず雌雄不明と雌、雌雄不明と雄の各成長段階に分け、全長の伸びに対して係数の平均値が無関係に一定であることを帰無仮設として一様性の検定を行った結果は第53表、第54表の示す通りである。

Table 53. Homogeneity tests on averages of coefficients of various parts of body in samples of sex unknown and female of *M. cinereus*. The coefficients are calculated by the measurements expressed in hundredths of total length. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 12, and Table 53.

Items	Factors	Variance	Degree of freedom	Unbiased estimate of variance	F ₀	F (0.05)
(IS/TL) × 100	J	1.04	11—1	0.10	3.33	1.87
	R (J)	5.25	177—11	0.03		
(EV/TL) × 100	J	0.22	5—1	0.06	3.00	2.82
	R (J)	0.34	27—5	0.02		
(PL/TL) × 100	J	2.40	10—1	0.27	3.00	2.10
	R (J)	5.08	55—10	0.90		
(ED/TL) × 100	J	2.20	11—1	0.22	7.33	1.98
	R (J)	4.40	75—11	0.03		
(BH/TL) × 100	J	62.90	10—1	6.99	18.89	2.10
	R (J)	16.19	54—10	0.37		
(R/TL) × 100	J	243.34	10—1	27.04	7.45	2.27
	R (J)	94.26	36—10	3.64		
(DD/TL) × 100	J	4.16	8—1	0.52	4.33	2.26
	R (J)	4.54	46—9	0.12		
(AFL/TL) × 100	J	245.90	10—1	27.32	13.59	2.18
	R (J)	66.52	43—10	2.01		
(SL/TL) × 100	J	23.71	11—1	2.37	11.85	1.89
	R (J)	28.24	154—11	0.20		
(SD/TL) × 100	J	46.39	10—1	5.15	9.72	2.17
	R (J)	17.91	44—10	0.53		
(HL/TL) × 100	J	69.31	10—1	7.70	17.50	2.09
	R (J)	19.73	55—10	0.44		
(AL/TL) × 100	J	271.01	10—1	30.78	15.87	2.09
	R (J)	89.58	55—10	1.99		
(TR/TL) × 100	J	104.50	10—1	11.61	10.37	2.09
	R (J)	50.61	55—10	1.12		
(TI/TL) × 100	J	235.22	10—1	26.14	15.84	2.09
	R (J)	72.79	54—10	1.65		

前者で帰無仮設が成立する形質はなく、各形質はすべて有意である。よって不偏分散比 F_0 を求めると、 F_0 値は頭長、軀幹長および尾部長の3形質では頭長がもっとも大きく、軀幹長がもっとも小さい。他の形質では体幅がもっとも大きく、臀鰭基底長がこれにつぎ、胸鰭長と眼高はともにもっとも小さい値を示す。

Table 54. Homogeneity tests on averages of coefficients of various parts of body in samples sex unknown and male of *M. cinereus*. The coefficients are calculated by the measurements expressed in hundredths of total length. For abbreviation of characteristics of body, see Fig. 12. and Table 52.

Items	Factors	Variance	Degree of freedom	Unbiased estimate of variance	F_0	$F_{(0.05)}$
(IS/TL) × 100	J	1.59	6—1	0.52	26.00	2.27
	R (J)	2.54	154—6	0.02		
(EV/TL) × 100	J	0.38	5—1	0.01	5.00	2.78
	R (J)	0.55	29—5	0.02		
(PL/TL) × 100	J	1.10	6—1	0.22	2.00	2.43
	R (J)	4.95	50—6	0.11		
(ED/TL) × 100	J	2.33	6—1	0.47	47.00	2.27
	R (J)	1.60	155—6	0.01		
(BH/TL) × 100	J	42.58	6—1	8.52	30.43	2.43
	R (J)	8.49	51—6	0.19		
(R/TL) × 100	J	143.23	6—1	28.65	24.70	2.53
	R (J)	34.84	36—6	1.16		
(DD/TL) × 100	J	4.68	6—1	0.94	2.54	2.50
	R (J)	12.30	39—6	0.37		
(AFL/TL) × 100	J	86.68	6—1	17.34	12.84	2.54
	R (J)	39.08	35—6	1.35		
(SL/TL) × 100	J	9.83	6—1	1.97	28.14	2.29
	R (J)	9.32	131—6	0.07		
(SD/TL) × 100	J	32.08	6—1	6.42	11.89	2.52
	R (J)	16.86	37—6	0.54		
(HL/TL) × 100	J	27.83	6—1	5.57	6.95	2.43
	R (J)	36.21	51—6	0.89		
(AL/TL) × 100	J	108.13	6—1	21.63	14.32	2.43
	R (J)	68.01	51—6	1.51		
(TR/TL) × 100	J	235.73	6—1	47.15	59.68	2.43
	R (J)	35.71	51—6	0.79		
(TI/TL) × 100	J	100.13	6—1	20.03	6.95	2.43
	R (J)	126.91	50—6	2.88		

後者では胸鰭長のみ帰無仮設が成立する。F₀ の大きさは体の区分形質では軀幹長がもっとも大きく、尾部長と頭長は同じ値を示す。他の形質では眼径がもっとも大きく、体幅がこれにつぎ、吻長、眼隔、胴廻り、臀鰭基底長、吻端から背鰭起部までの距離、眼高、背鰭の高さの順に小さい。

Table 55. Comparison of population variance in *M. cinereus*. The comparison is made between the specimens of adult male (TL: 60~70 cm) and those inclusive of sex unknown, adult male and immature male grouped into 10 cm interval. For abbreviations, see Fig. 12.

Total length (cm)		30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	90~100	100~110	110~120
Items	Sex	F	F	F	F	F	F	F	F
		F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)	F (0.05)
(IS/TL) × 100	Unknown	0.672.24	1.332.20	0.672.13					
	Female		0.604.49	1.673.63	12.67	2.452.00	2.283.00	3.014.33	4.473.67
(EV/TL) × 100	Unknown	0.305.12							
	Female				3.003.37	1.003.37			
(PL/TL) × 100	Unknown	0.122.79	0.053.59	0.033.98					
	Female				0.223.09	0.202.86			
(ED/TL) × 100	Unknown	0.672.24	0.672.20	1.332.13					
	Female		0.024.49	2.333.63	2.332.45	0.672.28	2.003.01	0.674.49	0.174.49
(BH/TL) × 100	Unknown	6.852.91	0.043.71	0.484.10					
	Female				1.363.22	0.922.97			
(R/TL) × 100	Unknown	0.058.74	0.049.55	0.049.55					
	Female				0.199.28	0.229.28			
(DD/TL) × 100	Unknown	0.413.96	1.234.76	0.185.14					
	Female				0.774.39	0.274.15			
(AFL/TL) × 100	Unknown	0.583.57	0.684.74	0.054.74					
	Female				0.624.35	0.873.87			
(SL/TL) × 100	Unknown	0.802.28	1.202.28	2.002.13					
	Female			0.203.63	1.202.49	2.002.28	1.003.01	1.003.63	0.603.63
(SD/TL) × 100	Unknown	1.963.52	0.204.35	0.094.74					
	Female				1.094.35	0.983.87			
(HL/TL) × 100	Unknown	0.242.79	0.203.59	0.073.98					
	Female				0.693.09	0.432.86			
(AL/TL) × 100	Unknown	0.802.79	1.143.59	0.013.98					
	Female				1.663.09	1.252.86			
(TR/TL) × 100	Unknown	0.982.79	0.683.59	0.023.98					
	Female				1.143.09	1.292.86			
(TI/TL) × 100	Unknown	0.612.79	0.843.59	0.053.98					
	Female				1.083.09	1.002.86			

以上の結果にもとづき、雌の成長過程では全長 80~90 cm、雄のそれでは全長 60~70 cm の区間をそれぞれ比較基準区間として、これらと雌雄の各系列における区間別の母分散をしらべた結果が第55表および第56表である。

Table 56. Comparison of population variance in *M. cinereus*. The comparison is made between the specimens of adult male (TL : 60~70 cm) and those inclusive of sex unknown, adult male and immature male grouped into 10 cm interval. For abbreviations, see Fig. 12.

Total length (cm)		30 ~ 40		40 ~ 50		50 ~ 60		70 ~ 80	
Items	Sex	F ₀	F _(0.05)	F ₀	F _(0.05)	F ₀	F _(0.05)	F ₀	F _(0.05)
(IS/TL) × 100	Unknown	0.40	2.19	0.80	2.16	0.40	2.07		
	Male					0.60	2.28	1.80	2.62
(EV/TL) × 100	Unknown	0.30	4.10						
	Male					1.00	3.22	7.00	3.33
(PL/TL) × 100	Unknown								
	Male								
(ED/TL) × 100	Unknown	0.07	2.19	0.07	2.14	0.14	2.08		
	Male					0.21	2.33	0.50	2.62
(BH/TL) × 100	Unknown	6.85	2.91	0.04	3.71	0.48	4.10		
	Male								
(R/TL) × 100	Unknown	1.14	5.91	0.90	6.94	1.03	6.94		
	Male					2.14	6.59	0.98	6.39
(DD/TL) × 100	Unknown	0.15	3.28	0.44	4.07	0.06	4.46		
	Male					1.55	4.07	0.19	4.40
(AFL/TL) × 100	Unknown	0.60	8.74	0.71	9.55	0.05	9.55		
	Male					0.54	9.28	1.18	9.12
(SL/TL) × 100	Unknown	0.44	2.39	0.67	2.39	1.11	2.27		
	Male			0.89	3.74	0.56	2.53	2.22	2.85
(SD/TL) × 100	Unknown	0.93	5.91	0.09	6.59	0.04	6.94		
	Male					0.12	6.59	0.72	6.39
(HL/TL) × 100	Unknown	0.71	2.99	2.50	3.59	0.21	3.98		
	Male					1.28	3.01	9.50	3.09
(AL/TL) × 100	Unknown	0.72	2.79	1.02	3.59	0.09	3.98		
	Male					0.28	3.01	0.94	3.09
(TR/TL) × 100	Unknown	0.93	2.79	0.59	3.59	0.02	3.98		
	Male					0.09	3.01	0.69	3.09
(TI/TL) × 100	Unknown	0.85	2.79	1.16	3.59	0.06	3.98		
	Male					0.79	3.01	0.62	3.09

以上の結果から母分散が同一であった形質について、共通の不偏分散 (w^2) を求め、5%の危険率で有意差を検討すると第57表、第58表となる。

Table 57. Comparison of population variance in *M. cinereus*. The comparison is made between the specimens of adult female (TL: 80~90 cm) and those inclusive of sex unknown, adult female and immature female grouped into 10 cm interval. For abbreviations of characteristics of body, see Fig. 12.

Total length (cm)		30~40		40~50		50~60		60~70		70~80		90~100		100~110		110~120	
Items	Sex	F		F		F		F		F		F		F		F	
		L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}	L ₀	L _{0.05}
(IS/TL) × 100	Unknown	11.44	4.08	0.03	4.18	1.30	3.98										
	Female			12.27	4.54	5.74	4.41			0.08	4.11	0.23	4.17	0.36	4.45	1.16	4.45
(EV/TL) × 100	Unknown	2.15	4.95														
	Female							1.68	4.30	0.37		4.30					
(PL/TL) × 100	Unknown	0.01	4.26	1.62	4.60	6.26	4.67										
	Female							3.09	4.45	0.13	4.32						
(ED/TL) × 100	Unknown	34.17	4.08	7.05	4.06	0.03	4.03										
	Female			0.06	4.45	5.74	4.41	0.10	4.21	0.74	4.11	1.62	4.35	2.17	4.45	0.05	4.45
(BH/TL) × 100	Unknown			9.42	4.67	3.71	4.75										
	Female							0.02	4.49	4.01	4.35						
(R/TL) × 100	Unknown	20.53	4.49	3.42	6.61	1.11	6.61										
	Female							1.26	5.99	0.26	5.99						
(DD/TL) × 100	Unknown	221.77	4.38	109.98	5.12	1.00	5.32										
	Female							29.13	4.84	12.87	4.60						
(AFL/TL) × 100	Unknown	75.59	4.35	1.46	5.12	10.94	5.12										
	Female							12.15	4.96	8.06	4.67						
(SL/TL) × 100	Unknown	244.23	4.11	12.95	4.10	55.65	3.99										
	Female					9.68	4.45	36.21	4.22	6.76	4.11	8.41	4.35	8.25	4.45	2.81	4.45
(SD/TL) × 100	Unknown	34.36	4.35	46.16	4.96	8.35	5.12										
	Female							12.36	4.96	5.07	4.67						
(HL/TL) × 100	Unknown	70.29	4.26	26.03	4.60	7.85	4.67										
	Female							7.69	4.45	8.65	4.32						
(AL/TL) × 100	Unknown	79.86	4.26	46.61	4.60	14.48	4.67										
	Female							15.73	4.45	8.09	4.32						
(TR/TL) × 100	Unknown	37.97	4.26	18.64	4.60	6.91	4.67										
	Female							8.30	4.45	2.09	4.32						
(TI/TL) × 100	Unknown	43.62	4.28	41.92	4.67	5.09	4.75										
	Female							7.42	4.49	9.35	4.35						

さらに母分散が同一であると認められなかった形質について信頼係数95%の信頼限界を求め、有意差を検討すると第59表となる。また標本が一個体の区間について棄却検定すると第60表および第61表となる。

以上の結果、係数の平均値に有意差が認められた部分を+, そうでない部分を=, 母分散に有意差が認められなかった部分を〔 〕とし、さらに全体の分散が均一でなかった部分を[[]], 標本が1個体で棄却検定法によって求めた部分を()として一括表示すると第62表および第63表となる。

Table 58. Comparison of population variance in *M. cinereus*. The comparison is made between the specimens of adult male (TL: 60~70 cm) and those inclusive of sex unknown, adult male and immature male grouped into 10cm interval. For abbreviations, see Fig. 12.

Total length (cm)		30 ~ 40		40 ~ 50		50 ~ 60		70 ~ 80	
Items	Sex	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)
(IS/TL) × 100	Unknown	18.32	4.08	12.38	4.05	14.64	3.98		
	Male			1.00	4.38	8.18	4.16	1.66	4.28
(EV/TL) × 100	Unknown	3.00	4.75						
	Male			0.27	4.84	7.23	4.49		
(ED/TL) × 100	Unknown	0.42	4.12	3.38	4.08	1.49	3.99		
	Male			9.87	4.67	5.89	4.24	5.10	4.41
(BH/TL) × 100	Unknown	13.05	4.17	24.90	4.35	1.02	4.38		
	Male			0.91	4.41	7.35	4.26	6.21	4.28
(R / TL) × 100	Unknown	81.25	4.26	18.84	4.64	32.69	4.64		
	Male					4.73	4.60	0.003	4.54
(DD/TL) × 100	Unknown	80.37	4.41	21.36	5.59	5.15	5.99		
	Male					33.97	5.59	46.49	5.99
(AFL/TL) × 100	Unknown	12.84	4.32	8.09	4.96	6.34	4.96		
	Male					0.36	4.84	0.004	4.75
(SL/TL) × 100	Unknown	86.45	4.28	62.73	4.26	16.53	4.03		
	Male			2.05	6.61	2.58	4.54	0.14	5.12
(SD/TL) × 100	Unknown	19.03	4.21	21.31	4.45	3.52	4.49		
	Male					0.62	4.45	0.80	4.41
(HL/TL) × 100	Unknown	3.31	4.45	30.21	5.59	5.11	5.99		
	Male			19.17	6.60	23.42	4.84	0.09	4.96
(AL/TL) × 100	Unknown	41.47	4.26	25.05	4.60	3.24	4.67		
	Male			17.61	4.75	6.34	4.41	0.003	4.45
(TR/TL) × 100	Unknown	36.37	4.26	11.58	4.60	0.89	4.67		
	Male			8.23	4.75	0.38	4.41	0.04	4.45
(TI/TL) × 100	Unknown	34.56	4.26	25.80	4.60	4.82	4.67		
	Male			5.19	4.75	5.04	4.41	0.68	4.45

Table 59. Confidence limit (95 %) of average value of coefficient between samples sex unknown and adult female, and also samples sex unknown and adult male in *M. cinereus*. The specimens were grouped in 10 cm interval. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Total length (cm) Sex	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60
(IS/TL) × 100	Unknown			
	Female			
(BH/TL) × 100	Unknown	4.49 ≥ m ≥ 3.37		
	Female			
(PL/TL) × 100	Unknown	5.06 ≥ m ≥ 4.66	5.33 ≥ m ≥ 3.93	6.63 ≥ m ≥ 3.63
	Male			4.92 ≥ m ≥ 4.52
			60 ~ 70	70 ~ 80
				80 ~ 90
			2.14 ≥ m ≥ 1.90	2.12 ≥ m ≥ 1.96
				6.84 ≥ m ≥ 5.80
			4.96 ≥ m ≥ 4.24	5.83 ≥ m ≥ 4.31

Table 60. Tests of differences of average coefficient between adult females (TL: 80~90 cm) and one specimen of some classes (grouped in 10 cm interval) by rejection method in *M. cinereus*. For abbreviations, see Fig. 12. Number of specimens examined is parenthesized.

Items	Total length (cm) Sex	80 ~ 90		20~30	50~60	100~110	110~120	120~130
		Range	Rejective limit					
(IS/TL) × 100	Unknown	1.89~2.43 (17)	2.04±0.37	1.88(1)				1.81(1)
	Female							
(EV/TL) × 100	Unknown	1.16~ 1.51 (10)	1.30±0.24		1.10(1)			
	Female							
(ED/TL) × 100	Unknown	1.56~ 2.20 (17)	1.84±0.37	1.71(1)				1.81(1)
	Female							
(BH/TL) × 100	Unknown	5.94~ 8.34 (11)	6.32±1.77	3.56(1)		6.69(1)	6.32(1)	7.40(1)
	Female							
(R/TL) × 100	Unknown	15.92~24.22 (4)	19.50±7.43	12.49(1)				
	Female					20.18(1)	16.09(1)	20.00(1)
(DD/TL) × 100	Unknown	1.91~ 3.35 (7)	2.76±1.28	2.49(1)		2.70(1)	2.19(1)	
	Female							
(AFL/TL) × 100	Unknown	41.58~46.11 (8)	43.87±4.39	39.86(1)		44.96(1)	45.16(1)	44.68(1)
	Female							
(SL/TL) × 100	Unknown	4.37~ 5.02 (17)	4.62±0.48	3.45(1)				5.21(1)
	Female							
(SD/TL) × 100	Unknown	14.08~16.03 (8)	14.86±6.26	12.45(1)		15.00(1)	15.76(1)	16.45(1)
	Female							
(HL/TL) × 100	Unknown	15.41~18.92 (12)	16.30±2.10	13.52(1)		17.30(1)	17.27(1)	17.89(1)
	Female							

(AL/TL) × 100	Unknown Female	40.62~44.58 (12)	42.54±3.08	38.43(1)		42.00(1)	43.98(1)	43.62(1)
(TR/TL) × 100	Unknown Female	24.61~28.30 (12)	26.29±2.76	24.90(1)		24.70(1)	28.34(1)	25.74(1)
(TI/TL) × 100	Unknown Female	53.42~57.95 (11)	55.77±3.69	59.07(1)		57.30(1)	54.84(1)	55.25(1)

Table 61. Test of difference of average coefficient between adult male (TL: 60~70 cm) and one specimen of some classes (grouped in 10 cm interval) by rejection method in *M. cinereus*. For abbreviations, see Fig. 12. Number of specimens is parenthesized.

Items	Total length (cm)	60 ~ 70		20 ~ 30	40 ~ 50	50 ~ 60
	Sex	Range	Rejective limit			
(IS/TL) × 100	Unknown Male	2.00~2.74 (18)	2.24±0.47	1.88 (1)		1.10 (1)
(EV/TL) × 100	Unknown Male	1.35~1.63 (11)	1.50±0.23			
(ED/TL) × 100	Unknown Male	1.44~2.38 (18)	1.51±1.31	1.71 (1)		
(BH/TL) × 100	Unknown Male	5.43~6.79 (12)	6.05±0.23	3.56 (1)		
(R/TL) × 100	Unknown Male	17.20~19.05 (5)	17.90±2.80	12.49 (1)	14.71 (1)	
(DD/TL) × 100	Unknown Male	1.90~4.28 (9)	2.61±1.92	2.49 (1)	4.23 (1)	
(AFL/TL) × 100	Unknown Male	39.82~42.71 (14)	40.67±6.07	39.86 (1)	36.69 (1)	
(SL/TL) × 100	Unknown Male	4.05~5.00 (15)	4.37±0.21	3.45 (1)		
(SD/TL) × 100	Unknown Male	14.00~16.21 (5)	14.78±3.04	12.45 (1)	12.10 (1)	
(HL/TL) × 100	Unknown Male	14.87~16.18 (12)	15.43±1.21	13.52 (1)		
(AL/TL) × 100	Unknown Male	38.46~42.69 (12)	40.47±3.31	38.43 (1)		
(TR/TL) × 100	Unknown Male	23.52~26.88 (12)	24.90±2.85	24.90 (1)		
(TI/TL) × 100	Unknown Male	56.05~59.73 (12)	57.73±3.08	59.07 (1)		

Table 62. Comparisons of averages coefficient between specimens of each class and that of adult females (TL: 80~90 cm) in *M. cinereus*. Notes: +, significant; =, insignificant; [], significant in homogeneity test of population variance; (), significant in rejection method in one specimen. For other abbreviations, see Fig. 12.

Total length (cm)		20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80	90~100	100~110	110~120	120~130
Items	sex										
(IS/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	=	=	[=]	=	=	=	=	(=)
(EV/TL) × 100	Unknown Female		=		(=)	=	=				
(PL/TL) × 100	Unknown Female	(=)	=	=	+	=	=		(=)	(=)	(=)
(ED/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	+	=	=	=	=	=	=	(=)

(BH/TL) × 100	Unknown Female	(=)	[+]	+	=	=	=		(=)	(=)	(=)
(R/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	=	=	+	+		(=)	(=)	(=)
(DD/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	+	=	+	+		(=)	(=)	
(AFL/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	=	+	+	+		(=)	(=)	(=)
(SL/TL) × 100	Unknown Female	(+)	+	+	+	+	+	+	+	=	(+)
(SD/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	+	+	+	+		(=)	(=)	(=)
(HL/TL) × 100	Unknown Female	(+)	+	+	+	+	+		(=)	(=)	(=)
(AL/TL) × 100	Unknown Female	(+)	+	+	+	+	+		(=)	(=)	(=)
(TR/TL) × 100	Unknown Female	(=)	+	+	+	+	=		(=)	(=)	(=)
(TI/TL) × 100	Unknown Female	(+)	+	+	+	+	+		(=)	(=)	(=)

Table 63. Comparison of average coefficient between specimens of each class and that of adult males (TL: 60~70 cm) in *M. cinereus*. Notes: +, significant; =, insignificant; [[]], significant in homogeneity test of population variance; (), significant in rejection method in one specimen. For other abbreviations, see Fig. 12.

Total length (cm)		20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50	50 ~ 60	70 ~ 80
Items						
(IS/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	+	=
(EV/TL) × 100	Unknown Male		=	=	+	(+)
(PL/TL) × 100	Unknown Male	[[=]]	[[=]]	[[=]]	[[=]] [[=]]	[[=]]
(ED/TL) × 100	Unknown Male	(=)	=	=	+	+
(BH/TL) × 100	Unknown Male	(+)	+	+	=	+
(R/TL) × 100	Unknown Male	(+)	+	+	+	=
(DD/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	=	+
(AFL/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	=	=	=
(SL/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	+	=
(SD/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	=	=
(HL/TL) × 100	Unknown Male	(+)	=	+	=	=
(AL/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	+	=
(TR/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	=	=
(TI/TL) × 100	Unknown Male	(=)	+	+	+	=

各成長区間の差異および変移点をみると、雌の成長過程では体長は 50 cm、眼隔および眼径は 60 cm、軀幹長は 70 cm、臀鰭基底長、吻端から背鰭起部までの距離、頭長、肛長および尾部長などの形質では 50 cm にそれぞれ変移点が認められるが、他の形質では明瞭でない。また雄の成長過程では臀鰭基底長、吻長および吻端から背鰭起部までの距離は 40 cm、軀幹長は 50 cm、眼隔、胴廻り、頭長および尾部長などの形質は 60 cm にそれぞれ変移点が認められるが、他の形質では判然としない。

2) 体の区分形質の相対成長

体の区分形質の全長に対する相対成長について、雌雄それぞれの最小成熟全長を境界として、それ以前の成長過程を前期、それ以後を後期としてそれぞれ(頭長、軀幹長、尾部長の3形質)の相対成長係数を求めると第29図となる。すなわち雌雄ともに前期、後期を通じて頭部に成長の中心がみられる。

2. 内部形質

全長(TL)に対する頭蓋骨長(CL)の相対成長は供試範囲において $CL = 0.13 TL - 1.07$ の直線式(第30図A)が危険率 0.01 以下で成立する。また頭骨を構成する諸骨の頭蓋骨長に対する相対成長は第31図に示す通りである。

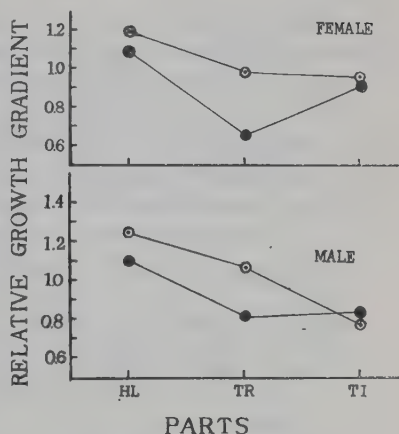


Fig. 29. Showing the relative growth gradient of head, trunk and tail in relation to total length in *M. cinereus*. ○, first term (shorter than 40 cm in male and 50 cm in female, in total length); ●, second term (longer than 40 cm in male and 50 cm in female, in total length).

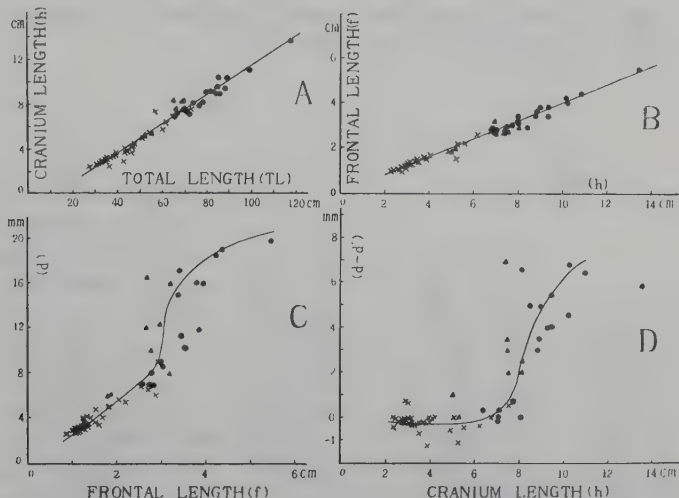


Fig. 30. Relation between total length of body and cranium length (A), cranium length and frontal length (B), frontal length and width of porous part of frontal bone (C), and cranium length and width $d-d'$ (D) in *M. cinereus*. d , width of porous part of frontal bone; d' width of frontal bone. See Fig. 13.

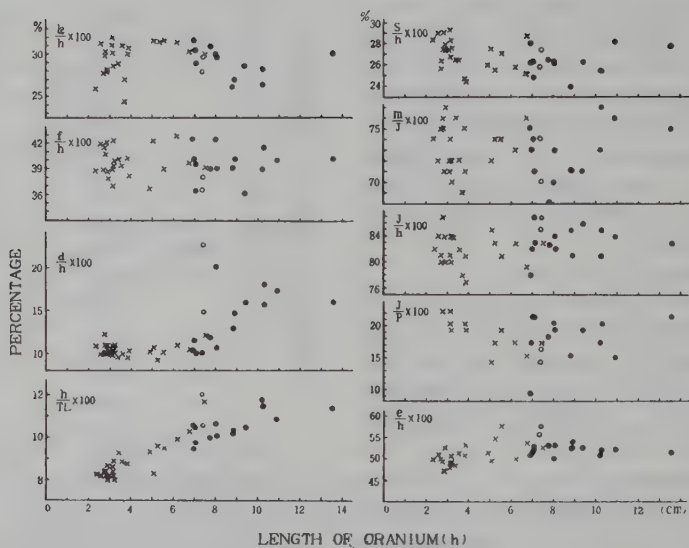


Fig. 31. Relation between length of cranium and relative length of various elements of head bones in *M. cinereus*. The elements measured are shown in Fig. 13. d, width of porous part of frontal bone; e, premaxillo-ethmo-vomerine plate length; f, frontal length; h, cranium length; l, dentary length; m, maxillary length; P, premaxillo-ethmo-vomerine plate width; k, suspensorium depth; s, cranium width; TL, total length. See Fig. 13.

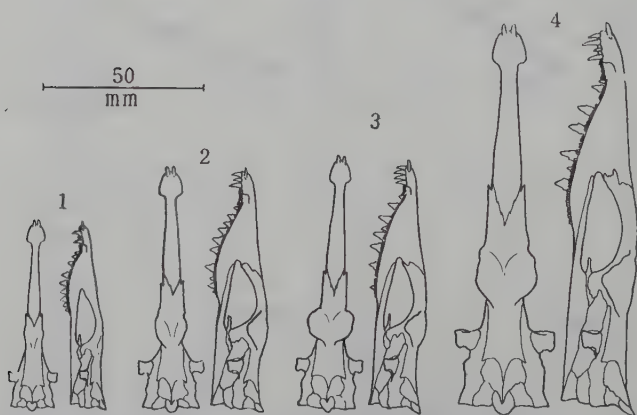


Fig. 32. Swelling of frontal bone with growth of the fish in *M. cinereus*. Total length: (1), 58.0 cm; (2), 67.9 cm; (3), 71.9 cm; (4), 110.2 cm.

これらのうち、鰭骨と主鰓蓋骨は成魚ではいずれも多孔質で、未成魚とかなり形態が相違する。前者に関してはすでに GÜNTHER (1870) が日本産ハモで認め、また高井 (1954) はこの成長について報告した。すなわち頭蓋骨長が 6.0 cm 前後に達すると鰭頭の背部正中線の両側にみられる多孔形質の原基は漸次拡張し、かつ隆起する。この隆起現象 (第32図) は鰭骨における多孔質部位の幅 (d) と鰭骨長 (f) との関係、 d と鰭骨中央部の幅 (d') の差と頭蓋骨長 (CL) との関係にはっきり現われる (第30図, B—D)。

鰭骨の長さ (f) と多孔質部位の幅 (d) の関係は第30図Cのように、その成長過程はS字型の曲線を示しおよそ鰭骨の長さが 2.5—3.5 cm の間で顕著な優成長が認められ、その前後の成長過程は、25 cm 以下では $d = 0.06 - 0.30 f$, 3.5 cm 以上では $d = 1.16 + 0.15 f$ の直線式がともに危険率 0.05 以下で成立する。そして頭蓋骨長に対する ($d - d'$) の成長過程 (第30図D) から ($d - d'$) $\cdot 10 = V$ の値を $V > 0.99$, $V = 0.99 \sim 0$, $V < 0$ に区分し、各区分に属する個体の頻度、全長範囲およびその平均値を示すと第64表となる。

Table 64. Showing the relation between total length of body and width of lateral swell in frontal bone in various stages of *M. cinereus*. Notes: I, immature stage; II, transitional stage; III, adult stage. For abbreviations of d and d' , see Fig. 13.

Sex		Male				Female	
Items		No. of specimens	Range of total length	Mean of total length	Mean of V	No. of specimens	Range of total length
Stage	$(d - d') \cdot 10 = V$						
I	$V < 0$	1	66.20	66.20	-0.20	1	73.00
II	$V = 0.99 \sim 0$	2	47.70—56.60	52.15	0	6	66.20—85.90
III	$V > 0.99$	6	52.80—71.40	57.09	3.67	11	61.20—118.70

sex-unknown					
Mean of total length	Mean of V	No. of specimens	Range of total length	Mean of total length	Mean of V
73.00	-0.20	17	28.10—62.50	40.84	-0.34
74.00	0.30	21	28.20—73.60	40.34	0.12
86.65	4.68	—	—	—	—

また $V = 0.99 \sim 0$ に達する最小全長は雄では 44.7 cm, 雌では 66.2 cm でおよそ成熟時期と隆起現象の発現時期は一致している。さらに主鰓蓋骨長と全長との関係を示すと第32図となる。この骨は第34図に示すように鰻形を呈している。全長が 40 cm 以下のものでは前半部は非常に薄い。全長 50—60 cm 前後になると厚さを増し、同時に外側面の中央部に多孔部域を拡張し、ついに隆起するに至る。一般にこの隆起のみられる全長は 60 cm 以後で、この時期に達すると外側面は粗雑となり、淡黄の色調が加わる。また内側面の前縁隆起帯は、近縁種スズハモ

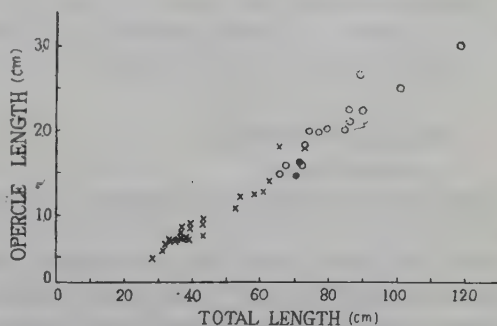


Fig. 33. Showing dimension (in cm) of opercle in relation to total length of body in *M. cinereus*. x, sex unknown; ●, male; ○, female.

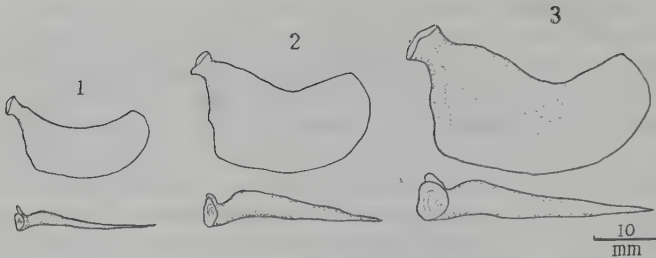


Fig. 34. Lateral (upper) and upper (lower) aspects of opercle of *M. cinereus*. Total length (in cm) : 1, 73.6 (sex unknown); 2, 89.7 (sex unknown); 3, 100.1 (female).

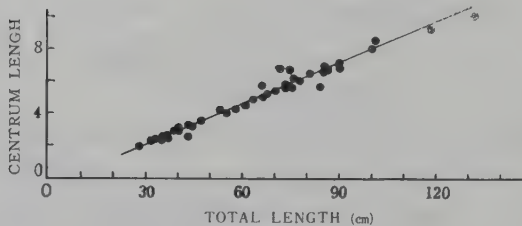


Fig. 35. Length of centrum (mm) in relation to total length of body (cm) in *M. cinereus*. In this case the length of centrum is represented by an average of 10 centrum in vertebrae near the vent.

M. yamaguchiensis のように著しくはないが、おおむね全長 50 cm 以上のものに成長されている。

椎体の成長について腹椎骨に属する後部 10 箇の椎体長を測定し、その平均長 (C) と全長 (TL) との関係を求めると第35図のように直線式 $C = 0.01TL - 0.20$ が危険率 0.01 以下で成立する。すなわち成長過程において漸増傾向を示すが、顕著な屈折は認められない。

B. マ ア ナ ゴ

1. 稚魚期および初期の未成魚期

1) 係数の平均値の変化

各形質の係数* の平均値と全長の関係を第36図に、各成長区間に属する個体群の係数の平均値を第65表に掲げた。

各形質の係数の平均値の変化をみるに、全成長過程を通じ漸増傾向を示す形質は頭長、上顎長、胸鰭長、吻長、眼径、吻端から胸鰭基部までの距離、吻端から背鰭起部までの距離、吻角、峽部の幅、背鰭の高さおよび眼隔などである。また反対に減少傾向を示す形質は軀幹長、吻高および胴廻りなどである。さらに変態期に減少し稚魚期に入って増加傾向を示す形質は体幅、頭幅などである。以上の概観を統計的に検討する。

* 吻角 (H/B) および吻高 (h/H) を除く、他の形成は全長に対する百分率で表わす。

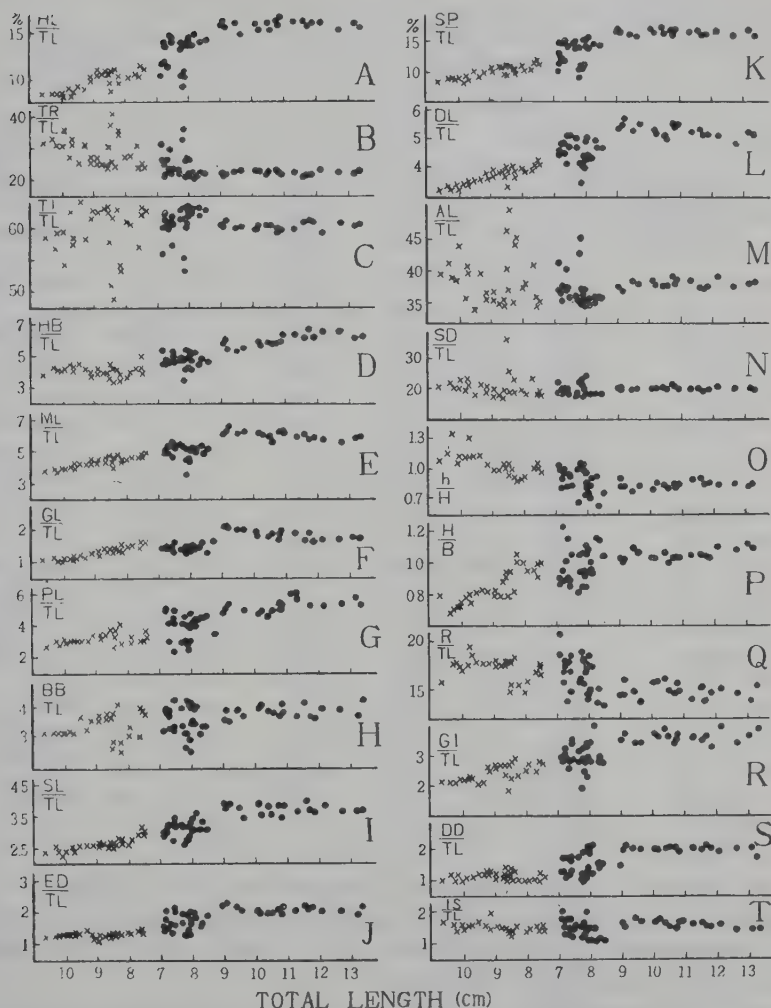


Fig. 36. Relation between total length and measurement of various parts of body expressed in hundredths of the total length in *C. myriaster*. Abbreviated letters are same as in Fig. 29. Note: x, semi-elver; ●, elver and immature stage. A, head length; B, trunk length; C, tail length; D, head width; E, upper jaw length; F, gill opening length; G, pectoral fin length; H, body width; I, snout length; J, eye diameter; K, distance from tip of snout to base of pectoral fin; L, mandible length; M, anal length; N, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; O, body girth; P, snout angle; Q, body girth; R, isthmus width; S, dorsal fin depth; T, interorbital width.

Table 65. Average of the coefficients of various parts of body in various stages of *C. myriaster*.
BB, body width. For other abbreviations, see Fig. 36.

Stage	Semi-elver stage			Elver stage		Immature stage		
	I	II	III	I	II	I	II	III
Number of fish	10	10	10	10	10	10	10	10
Range of total length (cm)	10.66~ 9.33	9.17~ 8.34	8.52~ 7.49	7.10~ 7.94	7.21~ 8.12	7.20~ 8.49	9.00~ 10.80	10.73~ 13.57
Average of total length in cm	9.94	8.77	7.97	7.53	7.76	7.87	9.82	11.94
Items								
(HL/TL) × 100	8.49	10.41	10.00	10.58	13.75	13.73	15.45	15.75
(TR/TL) × 100	30.70	25.49	30.50	28.41	21.84	21.89	22.32	22.32
(TI/TL) × 100	58.77	61.87	57.27	58.69	62.21	62.39	60.37	60.26
(HB/TL) × 100	4.15	3.99	3.87	4.44	5.07	4.72	5.68	6.23
(ML/TL) × 100	3.98	4.53	4.49	4.66	5.29	5.27	6.21	5.96
(GL/TL) × 100	1.11	1.32	1.47	1.38	1.41	1.52	1.96	1.79
(PL/TL) × 100	2.94	3.52	3.04	2.89	4.14	4.64	5.03	5.60
(BB/TL) × 100	3.24	3.63	3.16	3.20	4.12	3.44	3.85	3.87
(SL/TL) × 100	2.36	2.55	2.77	2.85	3.36	3.23	3.77	3.78
(ED/TL) × 100	1.32	1.26	1.37	1.39	2.00	1.73	2.10	2.10
(SP/TL) × 100	9.21	10.70	10.70	11.02	14.56	14.61	16.50	16.35
(DL/TL) × 100	3.31	3.78	3.80	4.08	4.40	4.76	5.22	5.10
(AL/TL) × 100	39.21	35.94	40.51	39.01	35.62	35.62	37.77	38.07
(SD/TL) × 100	20.45	18.13	22.05	20.76	17.95	17.87	19.64	19.54
h/H	1.14	0.97	0.90	0.96	0.87	0.70	0.76	0.79
H/B	0.76	0.82	0.98	0.96	0.89	1.10	1.04	1.07
(R/TL) × 100	17.62	17.71	15.89	17.81	17.41	14.44	15.02	14.46
(GI/TL) × 100	2.16	2.66	2.47	2.72	3.50	2.87	3.68	3.68
(DD/TL) × 100	1.10	1.23	0.93	1.17	1.88	1.42	1.99	1.96
(IS/TL) × 100	1.59	1.57	1.48	1.71	1.50	1.16	1.65	1.52

まず、形質の各級間における係数の平均値が全長に対して無関係に一定であることを帰無仮説として、一様性の検定を行ったのが第66表である。すなわち5%の危険率で等平均値の帰無仮説が成立する形質は認められない。不偏分散比 F_0 の大きさをみるに肛長がもっとも大きく、頭長がこれにつぎ、吻端から背鰭基部までの距離、尾部長。軀幹長、腹隔などが比較的小さい。

さらに第66表の結果から供試範囲でもっとも成長段階の進んだ未成魚期 III (全長 10.73~13.37 cm) を比較基準区間とし、これと他の各成長段階の個体群の係数値の分散が同一であるかしらべたのが第67表である。すなわち頭長、軀幹長、尾部長、頭幅、上顎長、体幅、吻端から背鰭基部までの距離、吻端から胸鰭基部までの距離、下顎長、肛長、吻角、吻高、胴廻り、峽部の幅などの形質は母分散に差がある。したがってこれら母分散が同一でない形質を除いて係数の平均値の差の検定を行うと第68表の通りである。さらに母分散が同一でなかった形質について信頼係数95%の信頼限界を求め比較すると第69表となる。

Table 66. Homogeneity tests on averages of coefficients of various parts of body in samples of body in samples of elver and immature stage of *C. myriaster*. The coefficients are calculated by the measurements expressed in hundredths of total length, but snout angle (H/B) and snout height(h/H) except. Note: abbreviated letters are same as in Fig. 29.

Items	Factors	Variance	Degree of freedom	Unbiased estimate of variance	F ₀	F (0.05)
(HL/TL) × 100	J	523.0	8-1	74.716	269.732	2.14
	R (J)	20.0	80-8	0.277		
(TR/TL) × 100	J	1071.3	8-1	124.465	14.924	2.14
	R (J)	600.6	80-8	8.341		
(TI/TL) × 100	J	245.5	8-1	35.072	5.626	2.14
	R (J)	448.8	80-8	6.233		
(HB/TL) × 100	J	49.6	8-1	7.091	68.182	2.14
	R (J)	7.6	80-8	0.104		
(ML/TL) × 100	J	41.6	8-1	5.943	94.333	2.14
	R (J)	4.6	80-8	0.063		
(GL/TL) × 100	J	5.0	8-1	0.719	32.681	2.14
	R (J)	1.6	80-8	0.022		
(PL/TL) × 100	J	75.5	8-1	10.789	168.578	2.14
	R (J)	4.6	80-8	0.064		
(BB/TL) × 100	J	9.1	8-1	1.292	14.197	2.14
	R (J)	6.6	80-8	0.091		
(SL/TL) × 100	J	20.2	8-1	2.878	95.933	2.14
	R (J)	2.2	80-8	0.030		
(ED/TL) × 100	J	9.4	8-1	1.343	149.222	2.14
	R (J)	0.7	80-8	0.009		
(SP/TL) × 100	J	573.5	8-1	81.924	199.328	2.14
	R (J)	29.6	80-8	0.411		
(DL/TL) × 100	J	32.6	8-1	4.652	94.938	2.14
	R (J)	3.6	80-8	0.049		
(AL/TL) × 100	J	101487.9	8-1	14498.273	2241.532	2.14
	R (J)	465.8	80-8	6.468		
(SD/TL) × 100	J	159.3	8-1	22.758	3.214	2.14
	R (J)	509.7	80-8	7.079		
h/H	J	1.4	8-1	0.200	50.000	2.14
	R (J)	0.3	80-8	0.004		
H/B	J	1.0	8-1	0.142	47.333	2.14
	R (J)	0.2	80-8	0.003		
(R/TL) × 100	J	158.9	8-1	22.706	28.924	2.14
	R (J)	56.6	80-8	0.785		
(GI/TL) × 100	J	23.6	8-1	3.376	61.381	2.14
	R (J)	3.6	80-8	0.055		
(DD/TL) × 100	J	12.6	8-1	1.794	99.666	2.14
	R (J)	1.3	80-8	0.018		
(IS/TL) × 100	J	1.9	8-1	0.274	18.266	2.14
	R (J)	1.1	80-8	0.015		

Table 67. Comparison of population variance between the specimens of immature stage III (total length, 10.73~13.37 cm) and those of other stage in *C. myriaster*. For abbreviations, see Fig. 36.

Stage	Semi-elver stage			Elver stage		Immature stage	
	I	II	III	I	II	I	II
F (0.05)	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18	3.18
Items							
(HL/TL) × 100	0.674	1.031	4.885	4.264	1.760	0.829	1.217
(TR/TL) × 100	24.616	8.755	100.545	35.663	2.424	1.215	0.953
(TI/TL) × 100	17.258	5.816	62.629	18.915	1.982	1.938	0.424
(HB/TL) × 100	0.525	0.559	3.476	3.664	0.966	0.339	0.711
(ML/TL) × 100	0.535	0.339	1.088	3.251	0.445	0.661	0.982
(GL/TL) × 100	0.451	0.361	1.180	0.541	0.270	0.910	1.270
(PL/TL) × 100	0.162	0.511	0.861	0.988	0.302	0.954	0.686
(BB/TL) × 100	0.353	0.608	5.182	3.846	0.392	0.981	0.765
(SL/TL) × 100	0.462	0.500	2.274	1.427	1.000	0.733	1.503
(ED/TL) × 100	0.667	1.333	1.167	0.833	1.682	3.168	2.348
(SP/TL) × 100	1.176	1.353	4.235	6.824	2.118	1.118	1.529
(DL/TL) × 100	0.393	0.315	1.104	3.474	0.948	1.000	1.156
(AL/TL) × 100	18.440	6.499	68.377	21.610	1.727	2.037	0.475
(SD/TL) × 100	9.604	3.434	117.165	13.298	2.222	0.602	0.373
h/H	11.875	0.875	4.375	8.250	6.625	11.250	1.750
H/B	1.136	0.909	0.773	2.727	1.227	3.727	0.358
(R/TL) × 100	3.122	0.332	3.675	7.506	2.144	3.015	2.406
(GI/TL) × 100	0.248	0.625	3.034	3.693	1.563	0.656	0.749
(DD/TL) × 100	0.835	0.917	1.586	2.421	2.835	1.504	0.248
(IS/TL) × 100	0.694	2.495	0.793	4.505	0.198	0.595	1.495

Table 68. Test of difference of average coefficient between immature stage III (total length, 10.73~13.37 cm) and other each stage of *C. myriaster*. For abbreviations, see Fig. 36.

Stage	Semi-elver stage			Elver stage		Immature stage	
	I	II	III	I	II	I	II
F (0.05)	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41
Items							
(HL/TL) × 100	2196.16	979.93			101.16	155.62	2.83
(TR/TL) × 100					1.78	2.21	0.00
(TI/TL) × 100					28.12	34.06	0.19
(HB/TL) × 100	432.64	490.95			104.47	260.29	26.96
(ML/TL) × 100	410.94	245.79	166.23		49.88	46.13	5.07
(GL/TL) × 100	262.72	133.07	38.50	89.41	93.77	31.42	10.47
(PL/TL) × 100	637.44	299.61	369.00	386.53	171.35	49.39	20.18
(BB/TL) × 100	51.81	6.33			7.93	16.48	0.04
(SL/TL) × 100	477.81	350.21	108.06	123.56	30.63	60.50	0.01
(ED/TL) × 100	553.09	458.18	370.06	413.19	5.68	49.32	0.00

(SP/TL) × 100	1374.12	800.50			60.21	83.08	0.53
(DL/TL) × 100	544.93	314.51	190.32		59.61	13.70	1.58
(AL/TL) × 100					52.00	46.70	1.44
(SD/TL) × 100					24.87	55.18	0.23
h/H		231.42					4.09
H/B	208.91	148.81	21.32	39.51	25.21		3.08
(R/TL) × 100	89.37	292.60			102.12	0.01	3.40
(GI/TL) × 100	520.36	180.63	102.24		3.56	111.58	0.00
(DD/TL) × 100	303.11	209.80	308.40	137.47	1.25	87.83	0.54
(IS/TL) × 100	2.61	0.64	0.80		0.30	73.64	6.12

Table 69. Confidence limit (95%) of average value of coefficient in *C. myriaster*. For abbreviations, see Fig. 36.

Items	Semi-elver stage			Elver stage		Immature stage
	I	II	III	I	II	I
(HL/TL) × 100			10.597 > m > 9.403	11.139 > m > 10.021		
(TR/TL) × 100	32.881 > m > 28.519	26.791 > m > 24.089	34.906 > m > 26.094	31.034 > m > 25.786		
(TI/TL) × 100	60.77 > m > 56.77	63.035 > m > 60.705	60.081 > m > 53.459			
(HB/TL) × 100			4.209 > m > 3.531	4.788 > m > 4.092		
(ML/TL) × 100				4.339 > m > 4.081		
(BB/TL) × 100			3.547 > m > 2.773	3.533 > m > 2.867		
(SP/TL) × 100			11.308 > m > 10.092	11.789 > m > 10.251		
(DL/TL) × 100				4.354 > m > 3.806		
(AL/TL) × 100	41.207 > m > 38.213	37.125 > m > 34.755	44.358 > m > 36.662	41.173 > m > 36.847		
(SD/TL) × 100	21.694 > m > 19.206	26.395 > m > 17.705	22.224 > m > 19.296			
h/H	1.21 > m > 1.07		0.941 > m > 0.859	1.010 > m > 0.910	0.922 > m > 0.818	0.766 > m > 0.634
H/B						1.173 > m > 1.047
(R/TL) × 100			16.603 > m > 15.177	18.82 > m > 16.80		
(GI/TL) × 100				2.978 > m > 2.462		
(IS/TL) × 100				1.868 > m > 1.552		

Table 70. Comparison of average coefficient between immature stage III (total length, 10.73~13.37 cm) and other each stage of elver and semi-elver in *C. myriaster*. Note: +, significant; =, insignificant; (), significance in homogeneity test of population variance. For other abbreviations, see Fig. 36.

Items	Stage	Semi-elver stage			Elver stage		Immature stage	
		I	II	III	I	II	I	II
(HL/TL) × 100		+	+	(+)	(+)	+	+	=
(TR/TL) × 100		(+)	(+)	(+)	(+)	=	=	=
(TI/TL) × 100		(=)	(=)	(=)	(=)	+	+	=
(HB/TL) × 100		+	+	(+)	(+)	+	+	+
(ML/TL) × 100		+	+	+	(+)	+	+	+
(GL/TL) × 100		+	+	+	+	+	+	+
(PL/TL) × 100		+	+	+	+	+	+	+
(BB/TL) × 100		+	+	(+)	(+)	+	+	=
(SL/TL) × 100		+	+	+	+	+	+	=
(ED/TL) × 100		+	+	+	+	+	+	=
(SP/TL) × 100		+	+	(+)	(+)	+	+	=
(DL/TL) × 100		+	+	+	(+)	+	+	=
(AL/TL) × 100		(=)	(+)	(=)	(=)	+	+	=
(SD/TL) × 100		(=)	(+)	(=)	(=)	+	+	=
h/H		(+)	+	(+)	(+)	(+)	(=)	=
H/B		+	+	+	+	+	(=)	=
(R/TL) × 100		+	+	(+)	(+)	+	=	=
(GI/TL) × 100		+	+	+	(+)	=	+	=
(DD/TL) × 100		+	+	+	+	=	+	=
(IS/TL) × 100		=	=	=	(=)	=	+	+

以上の検定で係数の平均値に差異が認められた部分を +, また差異の認められなかった部分を =, さらに母分散が同一であると認められなかった部分を () の記号で表わし、一括表示すると第70表となる。すなわち未成魚期 III と有意差のない成長段階は頭長, 体幅, 吻長, 眼径, 下顎長, 尾部長, 肛長, 吻端から背鰭起部までの距離などの形質では未成魚期 II 以後吻角と吻高の2形質は未成魚期 I 以後さらに軀幹長は稚魚期 II 以後の各区分との間で差がなくなる。そして幼形比率* の認められる形質は眼幅, 尾部長, 吻端から背鰭起部までの距離などである。さらに各成長区分のすべてにわたって差異のある形質は頭幅, 上顎長, 鰓孔長, 胸鰭の長さなどである。

2) 体の区分形質の相対成長

体の区分形質の係数値と全長との関係について頭長, 軀幹長および尾部長の3形質をしらべた。第37図が示すように全長の伸びに対する各形質の係数値の変化は頭と軀幹長が著しい。

傾向としては頭長は増加し, 軀幹長は減少する。しかし尾部長にはほとんど変化がない。そして頭長および軀幹長の2形質では最小全長, すなわち変態期の最末期(半稚魚期の最後期)を境として成長傾向の傾斜が異なる。そこで変態完了までの期間を前期, 以後の稚魚期を後期として, 体の区分形質の全長に対する相

* 仔魚期, 稚魚期または初期未成魚の成長段階のもので全長に対する形質の割合が全長が縮小し, または伸びが遅滞したばあい, あるいは形質がこれらの時期に著しく大きいばあい, 未成魚や成魚の段階におけるそれらの割合と相似するばあいがある。このようなときにみられる形質の全長に対する割合を仮りに幼形比率と呼んだ。この幼形比率はしばしばその時期の特徴を示すので重要である。

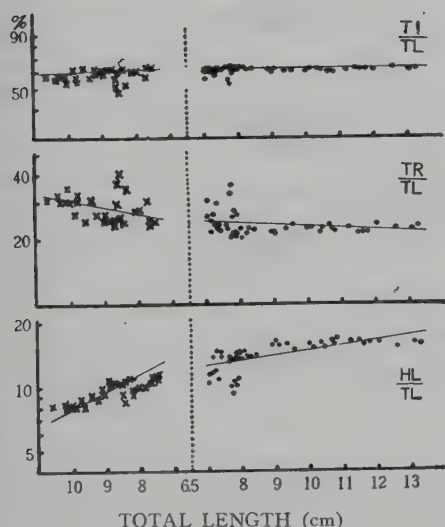


Fig. 37. Relation between total length and coefficient of some parts of body indicated in hundredths of total length in *C. myriaster*. Abbreviated letters are same as in Fig. 36. x, semi-elver; ●, elver and immature stage. In this case 6.5 cm is transitional size from semi-elver to elver.

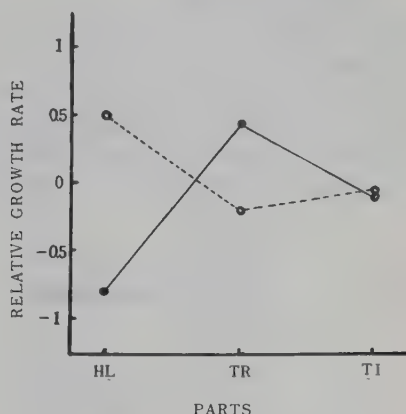


Fig. 38. Showing the relative growth rate of head, trunk and tail in relation to total length in *C. myriaster*. ●, semi-elver stage; ○, elver and immature stages.

対成長係数および指原成長指数を求めると第71表および第38図の通りである。第71表をみると相対成長係数は前期においては躯幹長がもっとも大きい値を示し、ついで尾部長が大きく、頭長がもっとも小さい。これに対し後期は前期と反対に頭長がもっとも大きく躯幹長がもっとも小さい。すなわち前期では躯幹長の縮小が著しく、頭長は全長の縮小に関係なく伸びている。

Table 71. Showing the value of relative growth gradient (α) and the initial growth index (β) in semi-elver, elver and immature stages of *C. myriaster*. In this case the latter two stages are treated as a single stage. Abbreviated letters are same as in Fig. 36.

Stage	Semi-elver stage			Elver and immature stages		
	HL	TR	TI	HL	TR	TI
α	-0.8166	0.4623	-0.0580	0.5055	-0.1840	-0.0171
β	1.7051	1.0182	1.8270	0.6590	1.5393	1.7998

2. 未成魚期および成魚期

1) 係数の平均値の変化

各形質の係数値（全長に対する百分率）と全長との関係を第39図に、また 10 cm 幅の各区間に含まれる個体群の係数の平均値を第72表および第73表に示した。成長過程における係数の平均値の変化の傾向をみるに、雌雄不明と雄との系列（第72表）では胴廻り、峡部の幅および鰻幹長などが増加傾向を示し、反対に胸鰭長、眼径、上顎長、鰓孔長、吻長、吻端から背鰭基部までの距離、頭長、肛長および尾部長などは減少の傾向を示す。また雌雄不明と雌の系列では胴廻りと峡部の幅が増加傾向を示し、反対に上顎長、吻長および尾部長などは漸次減少する傾向を示している。以上の概観を統計的に吟味すると次の通りである。

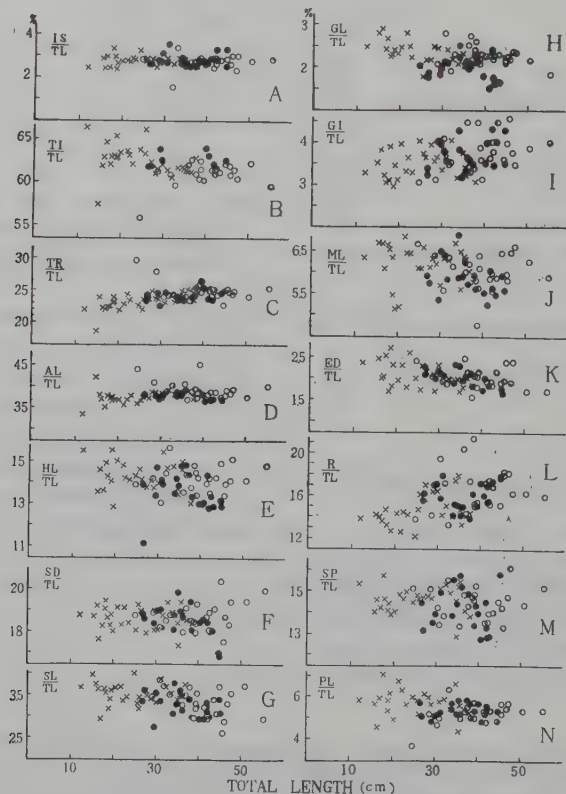


Fig. 39. Relation between total length and coefficient of various parts of body (indicated by measurements expressed in hundredths of total length) in specimens of sex-unknown, male and female of *C. myriaster*. Abbreviated letters are same as in Fig. 28. Note: x, sex unknown; ●, male; ○, female; A, interorbital width; B, tail length; C, trunk length; D, anal length; E, head length; F, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; G, snout length; H, gill-opening length; I, isthmus width; J, upper jaw length; K, eye diameter; L, body girth; M, distance from tip of snout to origin of pectoral fin; N, pectoral fin length.

Table 72. Average of the coefficients of various parts of body (indicated by measurements expressed in hundredths of total length) in specimens of sex unknown and male of *C. myriaster*. In this case the specimens are grouped in 10 cm interval. Abbreviated letters are same as in Fig. 39.

Items	Total length(cm)	Male and sex unknown			
		10.0~20.0	20.0~30.0	30.0~40.0	40.0~50.0
(IS/TL) × 100		2.64 (10)	2.74 (14)	2.66 (20)	2.87 (8)
(PL/TL) × 100		5.83 (10)	5.68 (14)	5.48 (20)	5.19 (8)
(R/TL) × 100		13.60 (10)	15.30 (14)	15.18 (20)	16.63 (8)
(ED/TL) × 100		2.24 (10)	2.11 (14)	2.03 (20)	1.87 (8)
(ML/TL) × 100		5.23 (10)	5.12 (14)	5.09 (20)	4.62 (8)
(GI/TL) × 100		3.32 (10)	3.65 (14)	3.55 (20)	3.86 (8)
(GL/TL) × 100		2.48 (10)	2.16 (14)	2.12 (20)	1.97 (8)
(SL/TL) × 100		3.53 (10)	3.51 (14)	3.48 (20)	3.16 (8)
(SD/TL) × 100		18.62 (10)	18.72 (14)	18.77 (20)	18.05 (8)
(HL/TL) × 100		14.31 (10)	14.05 (14)	14.19 (20)	13.25 (8)
(AL/TL) × 100		36.66 (10)	37.65 (14)	24.30 (20)	24.94 (8)
(TR/TL) × 100		22.53 (10)	23.52 (14)	24.30 (20)	24.84 (8)
(TI/TL) × 100		63.41 (10)	62.86 (14)	61.32 (20)	62.39 (8)
(SP/TL) × 100		14.57 (10)	14.43 (14)	14.63 (20)	13.83 (8)
Average total length		16.95	25.75	34.62	42.28

Table 73. Averages of the coefficients of various parts of body (indicated by measurement expressed in hundredths of total length), in specimens of sex unknown and female of *C. myriaster*.

Items	Total length(cm)	Female and sex unknown				
		10.0~20.0	20.0~30.0	30.0~40.0	40.0~50.0	50.0~60.0
(IS/TL) × 100		2.64 (10)	2.80 (12)	2.74 (20)	2.79 (2)	2.76 (9)
(PL/TL) × 100		5.83 (10)	5.63 (12)	5.36 (20)	5.34 (2)	5.39 (9)
(R/TL) × 100		13.60 (10)	14.70 (12)	15.97 (20)	16.26 (2)	17.10 (9)
(ED/TL) × 100		2.34 (10)	2.11 (12)	1.99 (20)	1.72 (2)	2.07 (9)

(ML/TL) × 100	5.23 (10)	5.27 (12)	5.02 (20)	5.07 (2)	5.06 (9)
(GI/TL) × 100	3.32 (10)	3.56 (12)	3.60 (20)	3.92 (2)	3.90 (9)
(GL/TL) × 100	2.48 (10)	2.25 (12)	2.24 (20)	1.99 (2)	2.24 (9)
(SL/TL) × 100	3.53 (10)	3.61 (12)	3.51 (20)	3.37 (2)	3.20 (9)
(SD/TL) × 100	18.62 (10)	18.72 (12)	18.71 (20)	19.73 (2)	18.86 (9)
(HL/TL) × 100	14.31 (10)	14.29 (12)	14.28 (20)	14.48 (2)	14.18 (9)
(AL/TL) × 100	36.66 (10)	38.16 (12)	38.67 (20)	39.06 (2)	38.69 (9)
(TR/TL) × 100	22.53 (10)	24.07 (12)	24.23 (20)	25.49 (2)	24.66 (9)
(TI/TL) × 100	63.41 (10)	62.23 (12)	61.46 (20)	60.90 (2)	61.34 (9)
(SP/TL) × 100	14.57 (10)	14.76 (12)	14.51 (20)	14.83 (2)	14.25 (9)
Average of total length	16.95	25.12	35.17	44.30	52.93

各級の係数平均値が全長に対して無関係に一定であることを帰無仮説として、危険率5%で一様性の検定を行うと第74表および第75表となる。

Table 74. Homogeneity tests on averages of coefficients of various parts of body in samples of sex unknown and males of *C. myriaster*. The coefficients are calculated by the measurements expressed in hundredths of total length. For abbreviation of characteristics of body, see Fig. 39.

Items	Factors	Variance	Degree of freedom	Unbiased estimate of variance	F ₀	F (0.05)
(IS/TL) × 100	J	0.33	4-1	0.11	1.56	2.80
	R (J)	3.17	52-4	0.07		
(PL/TL) × 100	J	6.10	4-1	2.03	0.70	2.80
	R (J)	141.03	52-4	2.92		
(R/TL) × 100	J	59.71	4-1	19.24	14.58	2.80
	R (J)	61.81	52-4	1.32		
(ED/TL) × 100	J	0.94	4-1	0.31	7.75	2.80
	R (J)	2.05	52-4	0.04		
(ML/TL) × 100	J	1.94	4-1	0.65	3.82	2.80
	R (J)	8.17	52-4	0.17		
(GI/TL) × 100	J	1.37	4-1	0.44	4.40	2.80
	R (J)	4.82	52-4	0.10		
(GL/TL) × 100	J	1.36	4-1	0.44	7.33	2.80
	R (J)	3.11	52-4	0.06		
(SL/TL) × 100	J	0.60	4-1	0.20	4.00	2.80
	R (J)	2.38	52-4	0.05		
(SD/TL) × 100	J	3.17	4-1	1.06	3.12	2.80
	R (J)	16.31	52-4	0.34		
(HL/TL) × 100	J	6.27	4-1	2.09	3.48	2.80
	R (J)	28.96	52-4	0.60		

(AL/TL) × 100	J	2118.03	4-1	706.01	871.62	2.80
	R (J)	38.98	52-4	0.81		
(TR/TL) × 100	J	30.78	4-1	10.26	10.36	2.80
	R (J)	47.32	52-4	0.99		
(TI/TL) × 100	J	35.53	4-1	11.83	9.63	2.80
	R (J)	60.31	52-4	1.26		
(SP/TL) × 100	J	3.77	4-1	1.26	2.25	2.80
	R (J)	26.74	52-4	0.56		

Table 75. Homogeneity tests on averages of coefficients of various parts of body in samples of sex unknown and males of *C. myriaster*. The coefficients are calculated by the measurements expressed in hundredths of total length. For abbreviation of characteristics of body, see Fig. 35.

Items	Factors	Variance	Degree of freedom	Unbiased estimate of variance	F ₀	F (0.05)
(IS/TL) × 100	J	0.15	5-1	0.04	0.67	2.56
	R (J)	3.00	52-5	0.06		
(PL/TL) × 100	J	1.87	5-1	0.47	2.66	2.56
	R (J)	8.54	53-5	0.18		
(R/TL) × 100	J	74.33	5-1	18.58	17.87	2.56
	R (J)	50.12	54-5	1.04		
(ED/TL) × 100	J	0.67	5-1	0.17	3.40	2.56
	R (J)	2.90	53-5	0.05		
(ML/TL) × 100	J	0.63	5-1	0.16	0.84	2.56
	R (J)	9.15	53-5	0.19		
(GI/TL) × 100	J	1.81	5-1	0.45	0.30	2.56
	R (J)	7.34	53-5	0.15		
(GL/TL) × 100	J	0.62	5-1	0.16	2.67	2.56
	R (J)	2.66	53-5	0.06		
(SL/TL) × 100	J	0.96	5-1	0.24	3.43	2.56
	R (J)	3.55	53-5	0.07		
(SD/TL) × 100	J	2.22	5-1	0.56	1.41	2.56
	R (J)	18.39	53-5	0.38		
(HL/TL) × 100	J	0.18	5-1	0.05	0.11	2.56
	R (J)	21.70	53-5	0.45		
(AL/TL) × 100	J	31.72	5-1	7.93	6.61	2.56
	R (J)	91.16	53-5	1.20		
(TR/TL) × 100	J	28.66	5-1	7.17	0.59	2.56
	R (J)	582.51	52-5	12.14		
(TI/TL) × 100	J	32.75	5-1	8.18	3.65	2.56
	R (J)	107.62	53-5	2.24		
(SP/TL) × 100	J	1.53	5-1	0.38	0.86	2.56
	R (J)	21.30	53-5	0.44		

雌雄不明と雄の系列で帰無仮設の成立する形質は限隔、胸鰭長および吻端から胸鰭基部までの距離の3形質で、他の形質はいずれも有意である。各形質の不偏分散比をみるに頭長、軀幹長および尾部長の体の区分形質では軀幹長がもっとも大きく、頭長がもっとも小さい。他の形質では胸廻りがもっとも大きい。雌雄不明と雌の系列で帰無仮設が成立する形質は限隔、上頰長、峽部の幅、吻端から背鰭基部までの距離、頭長、軀幹長および吻端から胸鰭基部までの距離の7形質で、他は有意性を示した。そして不偏分散比をみるに3つの体の区分形質では尾部長がもっとも大きく、頭長がもっとも小さい。また他の形質では胸廻りがもっとも大きく、ついで眼径、鰓孔長および胸鰭長が大きく、他は2.80より小さく等平均の帰無仮設が成立する。

以上の結果から等平均の帰無仮説が有意と認められた形質について、雌雄ともに全長 40~50 cm の成長段階の個体群を比較基準区間としてそれぞれの成長過程の各段階に含まれる個体群のもつ係数平均値の差について比較した。まず各級と比較基準区間との母分散が同一であるか否かを検討し（第76表、第77表）、さらに母分散が同一であると認められた形質について共通の不偏分散 w^2 を求めて差の検定を行った結果が第78表と第79表である。

Table 76. Comparisons of population variance between the specimens of male of 40~50 cm in total length and those shorter than 40 cm in total length in *C. myriaster*. The specimens used are grouped in 10 cm interval. Abbreviated letters are same as in Fig. 39.

Total length (cm) Items	10 ~ 20		20 ~ 30		30 ~ 40	
	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)
(R/TL) × 100	0.50	4.10	2.97	4.00	2.32	3.87
(ED/TL) × 100	5.55	3.68	3.41	3.55	1.61	3.44
(ML/TL) × 100	4.18	3.68	3.05	3.55	2.06	3.44
(GI/TL) × 100	0.82	3.68	0.66	3.55	0.81	3.44
(GL/TL) × 100	0.42	3.68	0.94	3.55	0.25	3.44
(SL/TL) × 100	0.20	3.68	0.23	3.55	0.17	3.44
(SD/TL) × 100	0.45	3.68	0.38	3.55	0.70	3.44
(HL/TL) × 100	3.00	3.68	3.52	3.55	1.89	3.44
(AL/TL) × 100	4.04	3.68	1.23	3.55	1.05	3.44
(TR/TL) × 100	4.37	3.68	1.64	3.55	1.07	3.44
(TI/TL) × 100	3.46	3.68	2.33	3.55	0.78	3.44

Table 77. Comparisons of population variance between the specimens of female of 40~50 cm in total length and those shorter than 40 cm in total length in *C. myriaster*. The specimens used are grouped in 10 cm interval. Abbreviated letters are same as in Fig. 39.

Total length (cm) Items	10 ~ 20		20 ~ 30		30 ~ 40		50 ~ 60	
	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)
(PL/TL) × 100	3.67	3.39	5.82	3.31	3.19	3.15	0	5.32
(R/TL) × 100	0.35	3.18	1.87	3.10	4.32	2.93	0.03	5.12
(ED/TL) × 100	2.47	3.39	1.69	3.31	0.94	3.15	0	5.32
(GL/TL) × 100	7.33	3.39	12.19	3.31	10.20	3.15	9.97	5.32
(SL/TL) × 100	0.57	3.39	0.43	3.31	0.42	3.15	2.28	5.32
(AL/TL) × 100	7.49	3.39	14.66	3.31	3.10	3.15	11.45	5.32
(TI/TL) × 100	9.58	3.39	26.42	3.31	2.88	3.15	13.93	5.32

Table 78. Tests of differences of average coefficients between male of 40~50 cm in total length and other each class grouped in 10 cm interval in *C. myriaster*. Abbreviated letters are same as in Fig. 39.

Total length (cm) Items	10 ~ 20		20 ~ 30		30 ~ 40	
	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)
(R/TL) × 100	60.95	4.54	3.90	4.38	0.63	4.24
(ED/TL) × 100			5.91	4.35	0.53	4.22
(ML/TL) × 100			7.65	4.35	1.05	4.24
(GI/TL) × 100	10.19	4.49	2.31	4.35	4.66	4.22
(GL/TL) × 100	13.52	4.49	1.55	4.35	2.30	4.22
(SL/TL) × 100	3.04	4.54	3.41	4.35	5.08	4.22
(SD/TL) × 100	3.90	4.49	6.82	4.35	7.05	4.22
(HL/TL) × 100	9.39	4.49	4.94	4.35	12.23	4.22
(AL/TL) × 100			53.55	4.35	8.46	4.22
(TR/TL) × 100			10.63	4.35	2.73	4.22
(TI/TL) × 100	7.13	4.49	0.90	4.35	8.02	4.22

Table 79. Tests of differences of average coefficients between female of 40~50 cm in total length and other each class grouped in 10 cm interval in *C. myriaster*. Abbreviated letters are same as in Fig. 39.

Total length (cm) Items	10 ~ 20		20 ~ 30		30 ~ 40		50 ~ 60	
	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)	F ₀	F (0.05)
(PL/TL) × 100							0.04	5.12
(R/TL) × 100	2.01	4.41	0.08	4.35			0.23	4.96
(ED/TL) × 100	5.64	4.45	0.13	4.38	0.91	4.21	5.48	4.96
(SL/TL) × 100	5.28	4.45	10.19	4.38	8.02	4.21	0.18	4.96
(AL/TL) × 100					0.003	4.21		
(TI/TL) × 100					0.15	4.21		

また母分散が同一でなかった部分について信頼係数 95 % の信頼限界を求めて比較すると 第80表および第81表となる。

Table 80. Confidence limits (95 %) of average value of coefficient in parts of not uniformity population variance in specimens of sex unknown and male in *C. myriaster*. For abbreviations, see Fig. 39.

Total length(cm) Items	10 ~ 20
(ED/TL) × 100	$2.47 \geq m \geq 2.11$
(ML/TL) × 100	$5.43 \geq m \geq 5.03$
(AL/TL) × 100	$37.73 \geq m \geq 35.59$
(TR/TL) × 100	$23.63 \geq m \geq 22.43$

Table 81. Confidence limits (95 %) of average value of coefficient in parts of not uniformity population variance in series of sex unknown and female in *C. myriaster*. For abbreviations, see Fig. 39.

Items	Total length (cm)			
	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 40	40 ~ 50
(PL/TL) × 100	$6.33 \geq m \geq 5.41$	$6.14 \geq m \geq 5.12$	$5.64 \geq m \geq 5.08$	
(R/TL) × 100			$17.06 \geq m \geq 14.84$	
(GL/TL) × 100	$2.64 \geq m \geq 2.32$	$2.43 \geq m \geq 2.07$	$2.40 \geq m \geq 2.16$	$2.22 \geq m \geq 1.76$
(AL/TL) × 100	$37.73 \geq m \geq 35.59$	$39.48 \geq m \geq 36.84$	$40.72 \geq m \geq 37.40$	
(TI/TL) × 100	$63.52 \geq m \geq 63.30$	$62.38 \geq m \geq 62.08$		$78.06 \geq m \geq 43.74$

以上の結果にもとづき、係数の平均値に差が認められた部分を $\neq$ 、差異が認められなかった部分を $=$ 、また 5 % の危険率で等平均の帰無仮設が棄てられなかった部分を [] で、母分散に差が認められなかった部分を () の符号で、一括表示すると第 82 表である。

雄の系列で変移点が認められる形質は胴廻り、峽部の幅、鰓孔長、眼幅および軀幹長の 5 形質で最初の 3 形質は 20 cm に、眼径と軀幹長は 30 cm にそれぞれみられる。しかし他の形質では差異が認められないかまたは明瞭でない。また雌の系列では鰓孔長、肛長および尾部長の 3 形質は 20 cm に、物長は 40 cm に、眼径では 50 cm にそれぞれ変移点が認められるが、他の形質では差異が認められない。ところでマアナゴの最小成熟全長は、完熟個体を 1 尾もみていないので判然としないが、ハモとほぼ類似し、早いものでは雄雌とも 40~50 cm で成体に達した個体が含まれていると思われる。前述の結果で成熟に関する形質すなわち雄では

Table 82. Comparisons of average coefficient of various parts of body between specimens of each class (grouped in 10 cm interval) and those of male of 40~50 cm in total length and also between former and those of female of 40~50 cm in total length in *C. myriaster*. Note: $\neq$, significant difference; $=$, insignificant difference; [], significant in homogeneity test of population variance; (), test by confidence limit (95%). For other abbreviations, see Fig. 39.

Sex	Male and sex unknown			Female and sex unknown			
	10~20	20~30	30~40	10~20	20~30	30~40	50~60
IS/TL × 100	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
PL/TL × 100	[]	[]	[]	(=)	(=)	(=)	=
R/TL × 100	+	=	=	=	=	(=)	(=)
ED/TL × 100	(+)	+	=	+	=	=	+
ML/TL × 100	+	=	+	[]	[]	[]	[]
GI/TL × 100	+	=	=	[]	[]	[]	[]
GL/TL × 100	+	=	=	+	=	=	=
SL/TL × 100	=	=	+	+	+	+	=
SD/TL × 100	=	+	+	=	=	=	=
HL/TL × 100	+	+	+	=	=	=	=
AL/TL × 100	(+)	+	+	+	=	=	=
TR/TL × 100	(+)	+	=	=	=	=	=
TI/TL × 100	+	+	+	+	-	=	=
SP/TL × 100	[]	[]	[]	=	=	=	=

眼径、雌では吻長および眼径などが40~50 cmの成長区間で変移点を示すことから、これらの形質の成長過程における屈折時期と成熟時期は一致すると思われる。したがって変移点が40~50 cm以前に示されるような他の形質では屈折時期と成熟時期は一致していないことになる。

Table 83. Showing the value of the relative growth gradient (α) and the initial growth index (β) in immature and adult stages of *C. myriaster*. HL, head length; TR, trunk length; TI, tail length.

Sex	Male and sex unknown				Female and sex unknown			
Items	Total length	HL	TR	TI	Total length	HL	TR	TI
α		1.519	1.125	0.971		1.613	1.174	0.955
β	< 40 cm	0.330	0.063	0.015	< 50 cm	0.450	0.092	0.014
α		0.836	0.980	0.979		0.756	0.999	0.986
β	> 40 cm	0.040	0.039	0.016	> 50 cm	0.029	0.041	0.016

2) 体の区分形質の相対成長

体の区分形質と全長との相対成長をみるに、雌では全長50 cm、雄では全長40 cmに達するまでの成長過程をそれぞれ前期、以後をそれぞれ後期として3つの体の区分形質、すなわち頭長、軀幹長および尾部長の伸びの相対成長係数を求め比較すると第83表および第40図となる。すなわち前期においては頭長および軀幹長の係数は1より大きくて優成長を、尾部長は1よりも小さく劣成長を示す。そして頭長の係数値はもっとも大きく、成長の中心を示す。後期ではすべて劣成長を示す。そして成長の中心は軀幹で、尾部がこれにつぎ、頭部が前期に反し、もっとも小さい係数をとる。

要約ならびに考察

マアナゴの稚魚期および初期未成魚の成長過程における変移点をみるに頭長、尾部長、体幅、吻長、下顎長および吻端から背鰭基部までの距離などの形質は未成魚期 II に、吻角、吻高および胴廻りの3形質は未成魚期 I に、また肛長、峽部の幅および背鰭の高さの各形質は稚魚期の II 期にみられる。変移点の認められない形質は頭幅、上顎長、胸鰭長、吻端から胸鰭基部までの距離および眼隔などである。そして変移点が未成魚期 I または II に示される形質は成長にともない係数の平均値が減少するか、あるいは変態期に減少し、稚魚期以後に漸増する形質である。変移点の認められない形質はすべて成長にともなって係数平均値が増大する形質、すなわち変態期における全長の縮小に関与しない形質である。さらに幼形比率を示す形質は尾部長、軀幹長、肛長および吻端から背鰭基部までの距離などの体の区分形質と眼隔である。すなわち眼隔を除いたこれらの諸形質は変態期に背鰭と臀鰭の前進に関与し

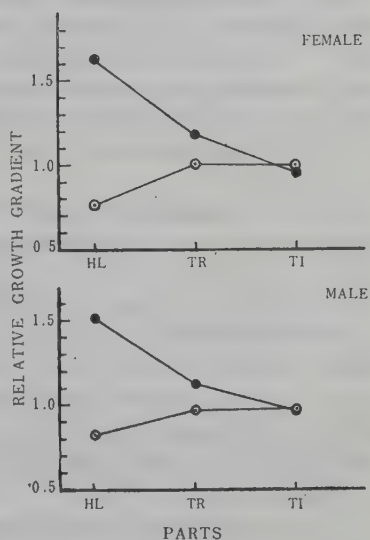


Fig. 40. Showing the relative growth rate of head (HL), trunk (TR) and tail (TI) length in relation to total length in *C. myriaster*. Note. first term (●), shorter than 40 cm in male and 50 cm in female, in total length; second term (○), longer than 40 cm in male and 50 cm in female, in total length.

て変化する形質で、稚魚期の初期まで各成長区間で個有の特徴を示している。そして半稚魚期 II における肛長および吻端から背鰭起部までの距離、稚魚期の後期における峽部の幅および背鰭の高さなどの係数の平均値はそれぞれの時期における形質の偏り、すなわち特徴を示している。清水（1947）は性徴の発現以前に示される変移点の成因について活動性の相違をあげ、また久保田ら（1955）はドジョウで成熟体長に達する以前に示される変移点の成因は運動様式の相違にもとづくことを認めた。初期のマアナゴでは個体発生における本質的（遺伝）な形態の発現、すなわち変態期の経過による形態の著しい変化によるがそれは同時にそれぞれの成長段階で生活環境に適応した体形と生活様式を整えている。

さらに半稚魚期以後における 3 つの体の区分形質（頭長、軀幹長および尾部長）の全長に対する相対成長から体の各部分における成長状態をみると、前者では軀幹長、後者では頭長に成長の中心がある。ところで前者の過程における成長は縮小であり、後者では伸長である。したがって頭部は全長の縮小に関係なく伸長する唯一の体の区分形質であること、および前者における成長（伸び）の傾斜は全長の縮小によってその割合が大きく現われていることが注目される。

未成魚期および成魚期の成長過程にみられる形質の成長屈折の時期（全長で表わす）が成体に達する時期と一致する形質は、ハモの雌では体高、眼隔、眼径、吻端から背鰭起部までの距離、頭長、肛長、軀幹長および尾部長など、雄では吻端から背鰭起部までの距離、吻長、頭長、尾部長、眼隔および胴廻りなどである。またマアナゴの雄では眼径および軀幹長、雌では吻長および眼径などである。一方成体に達する以前に成長屈折が現われる形質としてはハモでは判然としないがマアナゴの雄では胴廻り、上顎長、峽部の幅および鰓孔長など、また雌では鰓孔長、肛長および尾部長などがある。

さらに体の区分形質（頭長、軀幹長および尾部長）の全長に対する相対成長係数によって、体の各部分の成長についてみると、ハモでは雌雄ともに、また前後期を通じて頭部に成長の中心が認められる。これに対しマアナゴでは、前期は頭部にあるが、後期には雌雄とも軀幹に移る。すなわちコイ（浜井、1952）と相似する点がみられる。

成長にともなう内部形態の著しい変化は、ハモでは未成魚から成魚に達する時期に鰓骨および主鰓蓋骨にそれぞれ現われるが、マアナゴではこのような著しい形態変化は起らないようである。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するハモおよびマアナゴの成長にともなう形態の変化ならびに成長傾向について追求した。

2. マアナゴでは、半稚魚期から初期の未成魚期に至らない成魚過程で初期未成魚の後期（II）に成長屈折の認められる形質は頭長、尾部長、体幅、吻長、下顎長、吻端から背鰭起部までの距離など、初期未成魚の初期（I）に現われるものは吻角、吻高および胴廻りなど、稚魚期の後期（II）にみられるのは肛長、峽部の幅、背鰭の高さなどである。

3. マアナゴで幼形比率が示される形質は眼隔、尾部長、軀幹長、肛長および吻端から背鰭起部までの距離などである。

4. 稚魚期から初期未成魚期に至る成魚過程で成長屈折の現われない形質は頭幅、上顎長、胸鰭長、吻端から胸鰭起部までの距離および眼隔などである。

5. マアナゴが初期未成魚に成長するまでの体の区分形質の成長は、半稚魚期のおわりまで軀幹に、それ以後は頭部にそれぞれ成長の中心が認められる。

6. 未成魚から成体になるまでの成長過程で成長屈折を示す時期が成体に達する時期と一致する形質はハモの雌では吻端から背鰭起部までの距離、頭長、肛長、胴廻りおよび眼隔など、雄では臀鰭基底長、吻長、眼隔、吻端から背鰭起部までの距離、軀幹長および胴廻りなどである。マアナゴの雌では吻長と眼径が該当し、雄では眼径と軀幹長などの形質である。

7. 体の区分形質の全長に対する相対成長係数はハモでは第71表、マアナゴでは第83表に示した通りである。前者では雌雄ともに前後期を通じて頭部に、後者では前期は雌雄とも頭部に、後期は軀幹にそれぞれ成長の中心が認められる。

8. 成長にともなう内部形態の著しい変化は、ハモでは鰓骨と主鰓蓋骨に現われるが、マアナゴでは全成長過程を通じてこのような著しい形態変化は起らないようである。

第五章 環境、とくに栄養の相違にもとづく形態の変異

Chapter V. Morphological variation due to environmental difference, especially to nutrition

まえがき

HUBBS (1926) は体形の変化が生態的環境、とくに栄養にもとづく発育の遅滞、あるいは促進に起因するとし、また、このような環境と直接に関連して起るような変異が成長の段階における形態推移として現われる変異とはなはだ深い関係のあることを指摘した。

また、ウナギについて松井 (1952) は、天然産と養成した個体群との間の形態的差異をしらべ、両者それぞれの体形因子の変異は主として相互間の成長度の相違によることを明らかにし、そして、このような形態的差異を起す体形因子は養成技術の如何によって変化させることができるとした。

著者は、このような環境による形態変異とその傾向性を知ることには増殖学上、あるいは資源学上とくに重要であるとの考えのもとに、養成したマアナゴと天然産の個体群との間の外部形態の変異性、差異および変異を誘発する要因などについて追求した。

実験の材料および方法

供試した魚は1957年4月17日に、周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡沿岸で採捕した伸長期の仔魚を、田名臨海実験場の室内水槽(長さ65 cm、幅50 cm および深さ45 cm) 2面に収容して変態させ、一方の群に総放養魚体重に対する20%重量の餌量を投与し、他方には5%に相当する餌量を与えてそれぞれ飼育し、そして10月10日に各池から10尾づつ取りあげて、10%ホルマリ溶液で固定し、さらにこれらと天然産のものを比較するため、10月11日の薄暮時に平生湾でエビ漕ぎ網を使用して、春に変態したものを採集し(第84表)、各個体群の間の形態を比較した。

Table 84. Ranges and mean value of total length(in cm)and body weight(in g)of yearling groups of *C. myriaster*, natural (N) and cultured (CA and CB) groups, captured respectively in autumn.

Group	Catch		Total length (cm)		Body weight (g)	
	Date	Number of fish	Range	Mean value	Range	Mean value
N	Oct. 11, 1957	10	20.95~27.70	24.45±1.14	18.2~28.8	24.41±2.48
CA	Oct. 10, 1957	10	21.85~26.15	23.79±0.81	18.0~27.7	22.76±2.69
CB	Oct. 10, 1957	10	14.30~17.80	16.23±0.23	4.8~9.8	7.06±1.54

測定した形質は雌雄の差異に関する研究(第一篇、第二章)で用いたのと同じで、このうち12形質について検討を加えた。各形質の大きさは全長に対する百分率(係数)であらわした。ただし、吻角は吻長(H)を両眼前縁における眼隔(B)で除した数値で、また吻高は上顎の下縁から眼の前縁を通る垂直高(h)を吻

長 (H) で除した数値を用いた。

そして、それぞれの形質の係数平均値 (M) および標準誤差 (Pε) を求め、

$$4\sqrt{(P\varepsilon)^2_A + (P\varepsilon)^2_B} \leq |M_A - M_B|$$

のとき、比較した群の間に有意な差があるとした。

実 験 結 果

1. 各群の間の差異

10月11日に佐賀湾で採捕した天然産の個体群を N, 10月10日に飼育水槽から取りあげた 20 % 投餌の養成群を CA, 5 % 投餌の養成群を CB とし、おのおのの群における各形質の係数平均値を求め (第85表), そして各群間の差異をしらべたのが第86表である。なお、各群の全長に対する各形質の係数値の分散状態を第41図に掲げた。

N 群と CA 群の間では眼径、眼隔、胸鰭長、背鰭長、吻角および吻高などに差が認められ、係数平均値は吻高の 1 形質を除いていずれも CA 群の方が大きい。

しかし、肛長、頭長、軀幹長、尾部長、吻長および吻端から背鰭基部までの距離など諸形質はいずれも差異が認められない。

Table 85. Biometric constants in the three yearling groups of *C. myriaster*, natural (N) and cultured (CA and CB) groups, captured respectively in autumn. N, natural group taken from Saga Bay on October 11, 1957; CA, cultured group (quantity of food, 20 %) caught on October 10, '57; CB, cultured group (quantity of food, 5 %) caught on October 10, '57. For abbreviations of characteristics, see Fig. 12.

Group	N		CA		CB	
	Mean value	Standard deviation	Mean value	Standard deviation	Mean value	Standard deviation
(AL/TL) × 100	37.844 ± 0.165	0.772 ± 0.116	37.847 ± 0.087	0.411 ± 0.061	38.330 ± 0.108	0.507 ± 0.076
(HL/TL) × 100	13.895 ± 0.053	0.249 ± 0.037	14.687 ± 0.256	1.202 ± 0.181	15.200 ± 0.091	0.430 ± 0.065
(TR/TL) × 100	23.994 ± 0.142	0.667 ± 0.101	23.544 ± 0.103	0.481 ± 0.072	23.008 ± 0.091	0.429 ± 0.064
(TI//TL) × 100	61.543 ± 0.170	0.797 ± 0.120	61.249 ± 0.098	0.461 ± 0.069	10.370 ± 0.181	0.848 ± 0.128
(SL/TL) × 100	3.595 ± 0.028	0.134 ± 0.019	3.617 ± 0.027	0.127 ± 0.019	3.747 ± 0.023	0.108 ± 0.016
(ED/TL) × 100	2.165 ± 0.029	0.136 ± 0.020	2.361 ± 0.016	0.075 ± 0.011	2.660 ± 0.039	0.186 ± 0.028
(IS/TL) × 100	2.573 ± 0.024	0.115 ± 0.017	3.029 ± 0.022	0.104 ± 0.016	3.173 ± 0.036	0.169 ± 0.025
(PL/TL) × 100	5.451 ± 0.046	0.218 ± 0.032	6.016 ± 0.049	0.228 ± 0.035	5.918 ± 0.053	0.251 ± 0.037
(DL/TL) × 100	2.692 ± 0.030	0.142 ± 0.021	3.458 ± 0.103	0.486 ± 0.073	3.242 ± 0.066	0.311 ± 0.047
(SD/TL) × 100	18.588 ± 0.146	0.685 ± 0.103	18.862 ± 0.119	0.561 ± 0.084	19.830 ± 0.108	0.509 ± 0.076
H/B	1.246 ± 0.016	0.084 ± 0.012	1.025 ± 0.012	0.058 ± 0.008	0.950 ± 0.014	0.068 ± 0.010
h/H	0.703 ± 0.012	0.058 ± 0.008	0.832 ± 0.011	0.051 ± 0.007	0.812 ± 0.012	0.059 ± 0.009

N 群と CB 群の間では頭長、軀幹長、眼隔、眼径、背鰭長、吻端から背鰭基部までの距離、尾部長、吻長、吻角、吻高および胸鰭長に差異が認められ、係数平均値は軀幹長、尾部長および吻角の 3 形質では N 群がいずれも大きく、頭長、吻長、眼径、眼隔、胸鰭長、背鰭長、吻端から背鰭基部までの距離および吻高の各形質ではいずれも CB 群の方が大きい。

さらに、CA 群と CB 群の間では眼径、吻端から背鰭基部までの距離、尾部長および吻角の 4 形質に差異が認められ、係数平均値は尾部長および吻角の 2 形質では CA 群が大きく、他の 2 形質では CB 群の方が大きい。しかし、肛長、頭長、吻長、眼隔、背鰭長、胸鰭長および吻高などの諸形質には差異が認められない。

Table 86. Reliability of biometric constants within the three yearling groups of *C. myriaster*, natural (N) and cultured (CA and CB) groups. The results were obtained from the data shown in Table 85. M, mean value; P ϵ , probable error. For abbreviation of characteristics, see Fig. 12.

Group	(N) and (CA)		(N) and (CB)	
	$4\sqrt{N(P\epsilon)^2 + CA(P\epsilon)^2}$	$ M_N - M_{CA} $	$4\sqrt{N(P\epsilon)^2 + CB(P\epsilon)^2}$	$ M_N - M_{CB} $
(AL/TL) $\times 100$	0.704	0.003	0.764	0.486
(HL/TL) $\times 100$	0.876	0.792	0.420	1.305
(TR/TL) $\times 100$	0.700	0.450	0.672	0.986
(TI/TL) $\times 100$	0.784	0.294	0.392	1.173
(SL/TL) $\times 100$	0.152	0.022	0.144	0.152
(EO/TL) $\times 100$	0.132	0.196	0.192	0.495
(IS/TL) $\times 100$	0.128	0.456	0.172	0.600
(PL/TL) $\times 100$	0.268	0.565	0.284	0.467
(DL/TL) $\times 100$	0.428	0.766	0.288	0.550
(SD/TL) $\times 100$	0.752	0.274	0.724	1.242
H/B	0.068	0.221	0.084	0.296
h/H	0.064	0.129	0.068	0.109

(CA) and (CB)	
$4\sqrt{CA(P\epsilon)^2 + CB(P\epsilon)^2}$	$ M_{CA} - M_{CB} $
0.552	0.483
1.540	0.513
0.548	0.536
0.823	0.879
0.140	0.130
0.168	0.299
0.168	0.144
0.288	0.098
0.488	0.216
0.676	0.968
0.072	0.075
0.052	0.020

ところで、天然群と養成2群との間で差異の認められる形質は眼径、眼隔、胸鰭長、背鰭長、吻角および吻高の6形質で、それらの係数平均値は吻角の1形質を除いていずれも養成群の方が大きい値を示した。

2. 変異の傾向性と要因

養成したCA群とCB群の成長をみると、第84表でわかるように前者が後者に比較して著しくよく、平均全長はほとんど2倍近くまで達している。さらに、自然の海で発育したN群と養成したもので成長のよかったCA群との間の成長はあまり差が認められないが、平均全長では前者が24.55 $\pm$ 1.14 cm、後者が23.79 $\pm$ 0.81 cm、また、平均体重では前者が24.41 $\pm$ 2.48 g、後者が22.76 $\pm$ 2.69 gで、いずれもわずかに天然群の方が大きい。したがって3群間の成長度は

$$N \approx CA > CB$$

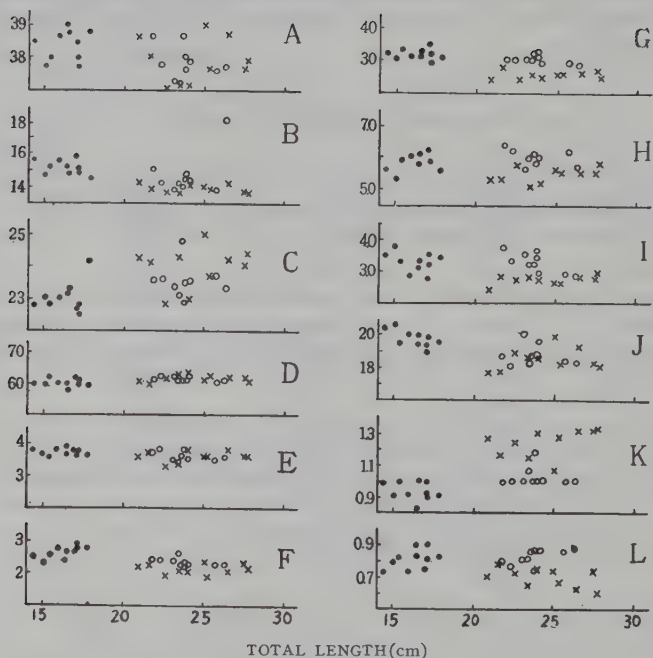


Fig. 41. Relation between the total length (in cm) and measurements of various parts of body expressed in hundredths of total length (but, snout height is h/H , and snout angle is H/B) in the three yearling groups of *C. myriaster*, natural (N) and cultured (CA and CB) groups captured in autumn. x, Natural group (N) taken from Saga Bay on October 11, 1957; o, cultured group (quantity of food, 20%) caught on October 10, '57; ●, cultured group (quantity of food 5%) caught on October 10, '57. A, anal length; B, head length; C, trunk length; D, tail length; E, snout length; F, eye diameter; G, interorbital space; H, pectoral fin length; I, dorsal fin length; J, distance from tip of snout to origin of dorsal fin; K, snout angle; L, snout height.

の関係にあるといえる。そこで、前項の結果から3つの群の各形質の係数平均値を大きい順（みかけの順位）に配列し、この配列で相対する群の間に差異のあるのを二重不等記号（>）で、また差異のないばあい等を等記号（=）でそれぞれあらわして、変異の傾向および要因について分析すると第87表となる。

まず、各形質の係数平均値のみかけの順位は3群間における成長度の順位と一致するもの、逆の関係を示すもの、およびCB群が天然群と養成したもので成長の良いCA群の間に位置するものの3つの型に分れる。以下各形質について検討する。

肛長はいずれの群の間においても有意差がなく、投餌量の相違や生息場所の広さなどによる差が現われていない。頭長ではN群とCB群の間に差が認められるが、同じ狭い場所で发育したCB群とCA群、また天然のN群と養成したもので成長のよかったCA群の間にはいずれも差がないが、CB群とCA群との信頼度は有意の限界に近いこと、N群とCA群の間では信頼度が小さいことなどから、この形質の係数平均値は成長のよいものは小さく、成長の悪いものは大きい傾向がみられる。

Table 87. Difference and tendency of variation of the biometric constants within the three yearling groups of *C. myriaster*, natural (N) and cultured (CA and CB) groups, captured respectively in autumn. The results were obtained from the data shown in Tables 85 and 86.

" $\gg$ ", significant difference; "=", insignificant; Gb, better growth; Gw, worse growth; C, cultured; N, natural. For abbreviations of characteristics, see Fig. 12.

Items	Apparent order	Difference	Tendency	
(AL/TL) $\times 100$	CB > CA > N	CB = CA = N	Gb = Gw	C = N
(HL/TL) $\times 100$		CB = CA = N	Gb < Gw	C = N
(ED/TL) $\times 100$		CB $\gg$ CA $\gg$ N	Gb < Gw	C > N
(SL/TL) $\times 100$		CB = CA = N	Gb < Gw	C = N
(IS/TL) $\times 100$		CB = CA $\gg$ N	Gb < Gw	C > N
(SD/TL) $\times 100$		CB $\gg$ CA = N	Gb < Gw	C = N
(DL/TL) $\times 100$	CA > CB > N	CA = CB $\gg$ N	Gb < Gw	C > N
h/H		CA = CB $\gg$ N	Gb = Gw	C > N
(PL/TL) $\times 100$		CA = CB $\gg$ N	Gb = Gw	C > N
(TR/TL) $\times 100$	N > CA > CB	N = CA = CB	Gb = Gw	C = N
(TI/TL) $\times 100$		N = CA $\gg$ CB	Gb > Gw	C = N
H/B		N $\gg$ CA $\gg$ CB	Gb > Gw	C = N

眼隔ではいずれの群の間でも差異が認められる。すなわち栄養環境の相違するCB群とCA群，生息環境の異なるN群とCA群およびCB群のそれぞれの間に有意差がある。つまり，成長の良好な群が眼隔は小さくなり，また天然で育ったものと養成したものでは後者の方が大きくなる栄養以外の要因が影響しているようにみられる。吻長では，頭長とおなじように投餌量の異なった群の間，天然で成長したものと養成したもので成長のよかった群の間にそれぞれ差がないが，前者の群の間では比較的差が大きいことから，成長のよいものは吻長は小さくなる傾向があるようにみられる。眼隔では天然産と養成した2群の間でかなり差がはっきりしている。そして両養成群の間では有意差は認められないが信頼度は有意差の限界に近い。これらのことから，第1義的には栄養以外の要因に起因する変異の傾向を考えることができる。つまり天然群と養成群ではやはり栄養にもとづく成長度の相違に起因する変異の傾向を認めることができる。つまり天然群と養成群では眼隔は前者の方が小さく，また成長のよいものが悪いものに比して小さい傾向があるようにみられる。吻端から背鰭起部までの距離では栄養にもとづく成長度の相違に起因した変異の傾向性を認めることができる。つまり，栄養環境のよい群が悪い環境で発育した群より短い傾向がみられる。

背鰭長、吻高および胸鰭長の3形質では、いずれもN群と2つの養成群の間に差があるが、養成群の間では差が認められない。すなわち、これらの形質は栄養以外の要因が第1義的に影響しているとみられる。つまり、これらの形質の係数値は天然群が養成群に比して小さい傾向を示す。

軀幹長のみかけの順位は $N > CA > CB$ であるが、成長度があまり変わらないとみられるN群とCA群、成長度の著しく相違する養成のCA群とCB群との間にそれぞれ差異がなく、N群とCB群の間にはじめて差がみられる。ところで養成2群の間の信頼度は比較的大きく、有意差の限界に近いこと、N群とCA群の信頼度は小さいことなどから栄養の相違にもとづく変異の傾斜があるようにみられる。つまり栄養のよい環境に育ったものが栄養のよくない場所で育ったものより軀幹長が大きい傾向があるようである。尾部長では養成のCA群とCB群、天然のN群とCB群の間にそれぞれ差があるが、成長度のほぼ等しい天然群と養成のCA群の間では差がない。つまり、栄養のよい場所にすむものほど尾部長は大きい傾向があり、栄養が第1義的要因となっているようである。吻角ではいずれの群間でも差異があり、成長のよいものが大きく、また天然群と養成した群では前者が大きい傾向がそれぞれみられる。つまり栄養と他の要因による変異の偏りがはっきりしている。

要約ならびに考察

春、沿岸に來游したマアナゴの仔魚を採捕し、秋まで投餌量を異にして養成した2つの群と、自然の環境で育った同一年級の1群との間の外部形態の変異性および環境との結びつきをしらべた結果は次のように要約される。すなわち、投餌量の異なる養成2群の間で顕著に差異の認められる形質は、眼径、吻端から背鰭起部までの距離、尾部長および吻角の4形質で、これらの係数平均値は尾部長および吻角の2形質では投餌量の多い群の方が大きく、他の形質では投餌量の少ない群の方が大きい。

また、天然群と養成した2群の間では眼径、眼隔、胸鰭長、背鰭長、吻角および吻高の6形質に顕著な差異が認められ、それらの係数平均値は吻角の1形質を除いていずれも養成群の方が大きい。

さらに、これら3群における変異の傾向および変異を誘発する要因としては、頭長、眼径、吻長、眼隔、吻端から背鰭起部までの距離および軀幹長、尾部長、吻角などの形質では餌料の豊富が第1義的な変異の要因として影響しており、係数平均値は軀幹長、尾部長および吻角の3形質では成長の良好な群ほど大きく、他の5形質では成長の悪いものほど大きい傾向がある。しかし、これらのうち、眼径と眼隔の2形質では栄養以外の要因が加わっており、天然群と養成群との間に同じような傾向をもたらしている。

ところで、背鰭長、胸鰭長および吻高の3形質は栄養の豊富以外の要因が変異を誘発し、天然群と養成群との間に傾向性のあるかたよりを起している。すなわち、これらの形質の係数平均値はいずれも養成群の方が大きい。

MARTIN (1949) は頭部は発生初期に形態形成が進む部分で、その後、環境とくに食物の供給が悪いと体比として頭部の大きい成体ができることを、また加藤 (1954) はフナ *Carassius auratus* で山間部の貧弱な環境に育ったものは体が細く、頭部の割合が大きいことを、高井ら (1959) はクロダイ *Mylio macrocephalus* で餌料の不足した池で育ったものは軀幹や尾部が短く、頭部が長いことをそれぞれ認めたが、マアナゴについても同じような傾向がある。つまり、体形の変化は全部とはいわれないまでもはなはだ多くのものが生態的環境、とくに栄養による発育の遅滞、あるいは促進に関係があるという HUBBS (1926) の所説や、外因としての環境は体形形成にいろいろな影響をおよぼすが、発育を促進する同化された栄養こそ第1義的に重要なものであるという徳田 (1957) の考えと一致し、とりわけ栄養環境と体形の強い関連性を認めることができる。したがって松井 (1952) がウナギで明らかにしたように、上述の外部諸形質は生態的環境によって変動する体形因子であり、変異の方向性がそれと結びついてははっきりしていることから、餌料の豊富のほかに生息場所の広さ、水の流動量、水温などを考慮することによって天然群と養成群の形態的差異を少なくすることが可能であるように考える。

摘 要

1. 春、沿岸に來遊したマアナゴの仔魚を採捕し、秋まで投餌量を異にして養成した2つの群と、海で育った同一年級の群との間の外部形態の変異性および環境との関連性をしらべた。
2. 投餌量の異なる2群の間では眼径、吻端から背鰭起部までの距離、尾部長および吻角に差異があり、尾部長と眼径は投餌量の多い群が大きき、他の形質は投餌量の少ない群が大きき。
3. 天然群と養成群の間では、眼径、眼隔、胸鰭長、背鰭長、吻角、吻高の6形質に差異が認められる。これらの形質では吻角を除いていずれも養成群の係数平均値が大きき。
4. 餌料の豊富が第一義的に変異の要因となって示される形質は頭長、眼径、吻長、眼隔、吻端から背鰭起部までの距離、軀幹長、尾部長および吻角などである。これらのうち吻角、尾部長および軀幹長の3形質は成長のよい群ほど大きく、他の形質は成長の悪いものほど大きい。
5. 餌料の豊富以外の要因によって変異の著しい形質は、背鰭長、胸鰭長および吻角の3形質である。
6. 餌料の豊富だけでは天然産と養成産の形態的差異をなくすることはできない。

第六章 生息水域（分布）の相違による形態の変異性について

Chapter VI. Morphological variations in relation to geographic distribution

ま え が き

広い分布範囲をもつ種が、生息水域の相違によって示す形質の変異性と、その特殊性についての研究は分類学・生態学・資源学などの基礎的問題としてはなほ重要である。日本産のウナギ目魚類で、このような問題をとりあつたものはきわめて少なく、ウナギについて、丸川（1916）が外部形質の変異に方向性の存在する事実を、松井（1952）が体節の形質に変異性のあることを、また東支那海・黄海水域に生息するハモの形態的相違が漁場の緯度の相違とはっきりした関係が認められないことを野中ら（1957）がそれぞれ報告しているに過ぎない。

著者はハモおよびマアナゴの地理的な生息水域の相違によるそれぞれの外部および体節の形質の変異性について追求した。

実験の材料および方法

ハモの供試材料としては1953年7月から9月の間に周防灘中部水域で、1948年4月から5月の間に東支那海の南部水域（農林漁区567, 577附近の水域）で、1953年7月に蒲都市三谷漁港（熊野灘の沿岸水域で漁獲されたもの）でそれぞれ採集した成魚を用いた。

マアナゴについては1951年1月から1956年10月の間に噴火湾、八戸沿岸、松島湾、渥美湾、紀伊水道、上佐湾、宮崎沿岸、平生湾および仙崎沿岸の9箇所（第42図）でそれぞれ採集した標本のなかから雌雄の識別が肉眼的にはっきりした個体を供試した。

差異の検定は第2章、第3章および第4章で行ったと同じように多数標本では信頼度により、少ないばあいにはF検定法またはt検定法を用い、さらに標本が1個体のばあいは増山（1943）の棄却検定法によった。なお、傾斜の検討にはHUBBSら（1953）が用いた図表を併用した。

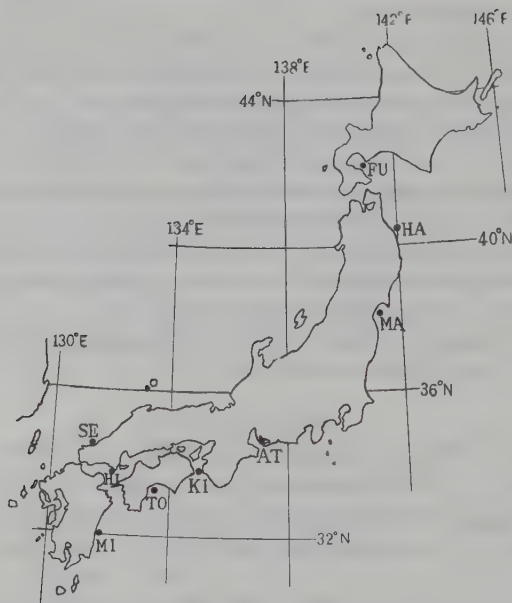


Fig. 42. Showing the localities of catch of *Conger myriaster* made during the course of the present study. FU, Volcano Bay, Hokkaido; HA, Hachinohe, Aomori Pref.; MA, Matsushima Bay; Miyagi Pref.; AT, Atsumi Bay, Aichi Pref.; KI, Kii Channel; TO, Tosa Bay, Kochi Pref.; MI, Totoro, Miyazaki Pref.; HI, Hirao Bay, Yamaguchi Pref.; SE, Senzaki, Yamaguchi Pref.

実 験 結 果

A. ハ モ

1. 外 部 形 態

東支那海産と周防灘産のものについての外部形質の比較は第88と89表に掲げた。雌では頭長に対する背鰭鰭条長の1形質に有意差が認められ、東支那海産供試魚の信頼係数95%の信頼限界は 4.48 ± 0.17 、周防灘産供試魚では 4.04 ± 0.207 で、背鰭鰭条長は前者が短く、後者が長い。雄では全長に対する軀幹長と肛長、頭長に対する背鰭鰭条長にそれぞれ有意差がある。すなわち軀幹長および肛長はいずれも後者が短く、また背鰭鰭条長は雌と同様に後者が長い。しかし他の多くの形質では係数の平均値に有意な差異が認められない。

さらに周防灘産と熊野灘産との間有意差の認められる形質は雌では頭長に対する背鰭鰭条長、吻端から背鰭起部までの距離に対する頭長および眼径に対する眼高の3形質である(第90と91表)。すなわち頭長に対する背鰭鰭条長および吻端から背鰭起部までの距離に対する頭長の割合はともに前者が後者より大きい傾向を示し、また眼径に対する眼高の割合は後者の方が大きく、円味が強い傾向を示す。

雄では全長に対する体高、頭長に対する眼径および背鰭鰭条長に有意差が認められる。すなわち前者の方が体高が高く、またとくに眼径が大きい傾向がある。さらに東支那海産と熊野灘産を比較すると第92表および第93表の通りで、雌では頭長に対する背鰭鰭条長および背鰭の高さ、ならびに吻角にそれぞれ有意差が認められる。すなわち後者は頭長に対する背鰭鰭条長および背鰭の高さの割合がいずれも大きく、したがって背鰭鰭条が長く、とくに背鰭が高い。さらに吻角は後者の方が大きい傾向を示す。

Table 88. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in female of *M. cinereus*, taken from the East China Sea and Suō-nada. Number of specimens was put in parenthesis. m, confidence limit (95 %); other abbreviations, see Fig. 12.

Items	East China Sea (E)				Suō-nada (S)				F ₀	F _(0.05)	F' ₀	F' _(0.05)	E : S
	Range	Mean value	$m = \pm \frac{u}{\sqrt{n}}$		Range	Mean value	$m = \pm \frac{u}{\sqrt{n}}$						
TL/HL	6.02~7.04 (12)	6.34±0.05	6.34±0.174		5.79~6.52 (11)	6.32±0.04	6.32±0.022		1.60	2.94	0.03	4.32	=
TL/BH	15.15~19.66 (12)	17.25±0.30	17.25±1.003		14.58~18.30 (11)	16.28±0.26	16.28±0.880		1.43	2.94	2.52	4.32	=
TL/TR	3.52~4.28 (12)	3.80±0.04	3.80±0.131		3.54~4.12 (11)	3.75±0.04	3.75±0.132		1.25	2.94	0.29	4.32	=
TL/TI	1.65~1.85 (12)	1.75±0.01	1.75±0.044		1.70~1.85 (11)	1.75±0.03	1.75±0.066		1.00	2.94	0	4.32	=
TL/AL	2.24~2.66 (12)	2.39±0.02	2.39±0.065		2.24~2.54 (11)	2.35±0.01	2.35±0.066		1.00	2.94	0.92	4.32	=
HL/SL	3.21~3.93 (12)	3.42±0.04	3.42±0.131		3.19~3.72 (11)	3.40±0.06	3.40±0.088		2.00	2.94	0.06	4.32	=
HL/ED	8.52~11.50 (12)	9.00±0.18	9.00±0.545		7.50~9.63 (11)	8.54±0.11	8.54±0.374		2.32	2.94	2.35	4.32	=
HL/IS	6.50~8.29 (12)	7.25±0.12	7.25±0.479		6.77~8.65 (11)	7.48±0.09	7.48±0.374		1.87	2.94	0.69	4.32	=
HL/PL	2.35~4.13 (12)	3.22±0.08	3.22±0.218		3.04~3.53 (11)	3.23±0.03	3.23±0.132		2.75	2.94	0.01	4.32	=
HL/DL	4.00~5.80 (12)	4.48±0.09	4.48±0.174		3.74~4.31 (8)	4.04±0.05	4.04±0.207		2.00	3.60	17.66	4.41	>
HL/DD	6.09~7.75 (12)	6.82±0.11	6.82±0.371		4.79~5.93 (8)	6.46±0.16	6.46±0.334		0.20	3.60	2.81	4.41	=
SD/HL	0.55~1.24 (12)	0.99±0.02	0.99±0.872		0.90~1.13 (11)	1.02±0.01	1.02±0.066		2.00	2.94	0.26	4.32	=
SL/IS	1.83~2.39 (12)	2.13±0.03	2.13±0.872		1.96~2.50 (11)	2.00±0.01	2.00±1.452		0.40	2.94	3.23	4.32	=
SL/EV	3.26~5.09 (12)	3.63±0.10	3.63±0.371		2.96~4.20 (11)	3.54±0.06	3.54±0.242		2.62	2.94	0.19	4.32	=
HL/DE	1.06~1.13 (12)	1.09±0.01	1.09±0.022		1.05~1.14 (11)	1.09±0.01	1.09±0.006		0.40	2.94	0	4.32	=
HL/B	1.56~1.91 (12)	1.71±0.02	1.71±0.065		1.56~1.82 (11)	1.61±0.01	1.61±1.320		0.25	2.94	0.03	4.32	=
TR/HL	1.47~1.80 (12)	1.63±0.02	1.63±0.065		1.55~1.76 (11)	1.63±0.01	1.63±0.066		1.00	2.94	0	4.32	=
ED/EV	1.19~1.62 (12)	1.37±0.02	1.77±0.087		1.30~1.65 (11)	1.42±0.02	1.42±0.066		2.00	2.94	0.07	4.32	=
h/H	1.86~2.29 (12)	2.15±0.02	2.15±0.087		1.66~2.38 (10)	2.12±0.05	2.12±1.472		0.40	3.10	0.14	4.35	=

Table 89. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in male of *M. cinereus*, taken from the East China Sea and Suō-nada. Number of specimens was put in parenthesis. m, confidence limit (95 %); other abbreviations, see Fig. 12.

Items	East China Sea (E)				Suō-nada (S)				F ₀	F _(0.05)	F' ₀	F' _(0.05)	E : S
	Range	Mean value	$m = \pm \frac{u}{\sqrt{n}}$		Range	Mean value	$m = \pm \frac{u}{\sqrt{n}}$						
TL/HL	6.25~6.72 (3)	6.52±0.01	6.52±0.477		5.97~7.41 (14)	6.59±0.08	6.59±2.58		0.37	3.80	0.07	4.54	=
TL/BH	14.76~19.33 (3)	16.67±0.78	16.67±4.293		14.73~19.08 (14)	16.47±0.24	16.47±0.817		2.77	3.80	0.04	4.54	=
TL/TR	3.50~3.83 (3)	3.63±0.01	3.63±0.318		3.74~4.46 (14)	4.04±0.03	4.04±0.108		0.75	3.80	10.41	4.54	<
TL/TI	1.77~1.81 (3)	1.79±0.01	1.79±0.095		1.61~2.09 (14)	1.72±0.02	1.72±0.065		0.30	3.80	1.21	4.54	=
TL/AL	2.30~2.37 (3)	2.34±0.01	2.34±0.064		2.34~2.77 (14)	2.51±0.02	2.51±0.065		0.10	3.80	7.11	4.54	<
HL/SL	3.12~3.30 (3)	3.22±0.03	3.22±0.223		3.16~3.65 (14)	3.39±0.03	3.39±0.086		0.50	3.80	3.56	4.54	=
HL/ED	8.03~8.13 (3)	8.03±0.02	8.03±0.191		6.86~8.50 (14)	7.52±0.09	7.52±0.280		0.05	3.80	3.37	4.54	=
HL/IS	6.32~7.70 (3)	6.97±0.22	6.97±1.272		6.14~7.40 (14)	6.57±0.08	6.57±0.280		2.09	3.80	1.53	4.54	=
HL/PL	3.05~3.35 (3)	3.20±0.04	3.20±0.318		2.78~3.53 (14)	3.06±0.04	3.06±0.129		0.50	3.80	0.10	4.54	=
HL/DL	4.13~4.33 (3)	4.20±0.04	4.20±0.199		3.09~4.24 (14)	3.55±0.05	3.55±0.151		0.13	3.80	14.86	4.54	>
HL/DD	5.65~6.80 (3)	6.13±0.20	6.13±1.208		3.37~8.17 (13)	5.56±0.23	5.53±0.839		0.21	3.88	0.46	4.60	=
SD/HL	0.95~1.00 (3)	0.98±0.01	0.98±0.064		0.86~1.12 (14)	1.00±0.01	1.00±0.065		0.10	3.80	0.10	4.54	=
SL/IS	2.00~2.37 (3)	2.13±0.05	2.13±0.318		1.60~2.15 (14)	1.92±0.02	1.92±0.258		0.16	3.80	0.64	4.54	=
SL/EV	3.50~4.26 (3)	3.74±0.13	3.74±0.763		2.71~3.56 (14)	3.04±0.04	3.04±0.129		0.60	3.80	17.22	4.54	=
HL/DE	1.06~1.08 (3)	1.07±0.01	1.07±0.006		1.06~1.14 (14)	1.10±0.01	1.10±0.022		0.10	3.80	2.21	4.54	=
H/B	1.64~2.07 (3)	1.76±0.05	1.76±0.445		1.38~1.75 (14)	1.53±0.01	1.53±0.065		6.00	3.80	—	—	(=)
TR/HL	1.63~1.92 (3)	1.77±0.05	1.77±0.254		1.47~1.81 (14)	1.64±0.01	1.64±0.065		2.00	3.80	4.16	4.54	=
ED/EV	1.35~2.00 (3)	1.60±0.11	1.60±0.636		0.72~2.61 (14)	1.33±0.03	1.83±0.108		3.00	3.80	3.59	4.54	=
h/H	1.95~2.40 (3)	2.15±0.07	2.15±0.413		1.75~2.26 (13)	2.03±0.04	2.03±0.129		1.00	3.88	0.93	4.60	=

Table 90. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in female of *M. cinereus*, taken from Suō-nada and Kumano-nada. Number of specimens was put in parenthesis. *m*, confidence limit (95%); other abbreviations, see Fig. 12.

Items	Kumano-nada (K)			Suō-nada (S)			<i>F</i> ₀	<i>F</i> _(0.05)	<i>F'</i> ₀	<i>F'</i> _(0.05)	K : S
	Range	Mean value	$m = \bar{x} \pm \frac{u}{\sqrt{n}} t$	Range	Mean value	$m = \bar{y} \pm \frac{v}{\sqrt{n}} t$					
TL/HL	6.28~6.68 (7)	6.49±0.06	6.49±0.331	5.79~6.52 (11)	6.32±0.04	6.32±0.022	2.80	3.22	1.54	4.49	=
TL/BH	14.88~19.64 (7)	16.00±0.40	16.00±1.556	14.58~18.30 (11)	16.28±0.26	16.28±0.880	1.74	3.22	0.17	4.49	=
TL/TR	3.82~4.43 (7)	3.97±0.05	3.97±0.176	3.54~4.12 (11)	3.75±0.04	3.75±0.132	1.00	3.22	0.51	4.49	=
TL/TI	1.67~2.09 (7)	1.71±0.04	1.71±0.119	1.70~1.85 (11)	1.75±0.03	1.75±0.066	10.00	3.22	—	—	(=)
TL/AL	1.91~2.49 (7)	2.31±0.04	2.31±0.190	2.24~2.54 (11)	2.35±0.01	2.35±0.066	5.00	3.22	—	—	(=)
HL/SL	3.26~4.11 (7)	3.54±0.07	3.54±0.237	3.19~3.72 (11)	3.40±0.06	3.40±0.088	3.50	3.22	—	—	(=)
HL/ED	8.14~10.06 (7)	8.93±0.02	8.93±0.536	7.50~9.63 (11)	8.54±0.11	8.54±0.374	1.16	3.22	1.97	4.49	=
HL/IS	6.80~7.93 (7)	7.14±0.08	7.14±0.474	6.77~8.65 (11)	7.48±0.09	7.48±1.374	5.20	3.22	—	—	(=)
HL/PL	2.82~3.33 (7)	3.03±0.04	3.03±0.403	3.04~3.53 (11)	3.23±0.03	3.23±0.132	7.50	3.22	—	—	(=)
HL/DL	2.15~2.34 (7)	2.17±0.01	2.17±0.089	3.74~4.31 (8)	4.04±0.05	4.04±0.207	2.50	3.87	43.47	4.67	<
HL/DD	3.77~4.59 (7)	3.99±0.07	3.99±0.268	4.79~8.93 (8)	6.46±0.18	6.46±1.334	5.26	3.87	—	—	(=)
SD/HL	0.80~0.95 (7)	0.90±0.01	0.90±0.045	0.90~1.13 (11)	1.02±0.01	1.02±0.066	0.30	3.22	6.16	4.49	<
SL/IS	1.74~2.42 (7)	1.81±0.01	1.81±0.286	1.96~2.50 (11)	2.00±0.01	2.00±1.452	0.20	3.22	0.21	4.49	=
SL/EV	2.82~3.98 (7)	3.23±0.01	3.23±0.367	2.96~4.20 (11)	3.54±0.06	3.54±0.242	1.31	3.22	2.74	4.49	=
ML/DE	1.07~1.14 (7)	1.10±0.01	1.10±0.026	1.05~1.14 (11)	1.09±0.01	1.09±0.007	2.50	3.22	0.17	4.49	=
H/B	1.33~1.81 (7)	1.56±0.05	1.56±0.152	1.55~1.82 (11)	1.61±0.01	1.61±1.320	0.75	3.22	0.06	4.49	=
TR/HL	1.49~1.73 (7)	1.61±0.02	1.61±0.089	1.55~1.79 (11)	1.63±0.01	1.63±0.066	1.00	3.22	0.17	4.49	=
ED/EV	1.08~1.53 (7)	1.31±0.03	1.31±0.125	1.30~1.65 (11)	1.42±0.02	1.42±0.066	2.00	3.22	5.18	4.49	<
h/H	2.00~2.46 (7)	2.17±0.03	2.17±0.152	1.66~2.38 (11)	2.12±0.06	2.12±1.472	0.60	3.22	0.26	4.49	=

Table 91. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in male of *M. cinereus*, taken from Suō-nada and Kumano-nada. Number of specimens was put in parenthesis. *m*, confidence limit (95%); *T*, rejective limit (95%); other abbreviations, see Fig. 12.

Items	Suō-nada (S)				Kumano-nada (K)	K:S
	Range	Mean value	$m = \bar{x} \pm \frac{u}{\sqrt{n}} t$	$T = \bar{x} \pm u \sqrt{\frac{N+1}{N}} F$		
TL/HL	5.97~7.41 (14)	6.59±0.08	6.59±0.258	6.59±0.984	6.56	=
TL/BH	14.73~19.08 (14)	16.47±0.24	16.47±0.817	16.47±3.153	20.66	<
TL/TR	3.74~4.46 (14)	4.04±0.03	4.04±0.108	4.04±0.447	4.11	=
TL/TI	1.61~2.09 (14)	1.72±0.02	1.72±0.065	1.72±0.224	1.66	=
TL/AL	2.34~2.77 (14)	2.51±0.02	2.51±0.065	2.51±0.224	2.52	=
HL/SL	3.16~3.65 (14)	3.39±0.03	3.39±0.086	3.39±0.313	3.56	=
HL/ED	6.86~8.50 (14)	7.52±0.09	7.52±0.280	7.52±1.051	8.68	<
HL/IS	6.14~7.40 (14)	6.57±0.08	6.57±0.280	6.57±1.051	7.21	=
HL/PL	2.78~3.53 (14)	3.06±0.04	3.06±0.129	3.06±0.537	3.27	=

HL/DL	3.09~4.24 (14)	3.55±0.05	3.55±0.151	3.55±0.626	2.36	>
HL/DD	3.37~8.17 (13)	5.56±0.23	5.56±0.839	5.56±3.246	4.48	=
SD/HL	0.88~1.12 (14)	1.00±0.01	1.00±0.065	1.00±0.224	0.95	=
SL/IS	1.60~2.15 (14)	1.92±0.02	1.92±0.258	1.92±0.985	2.03	=
SL/EV	2.78~3.56 (14)	3.04±0.04	3.04±0.129	3.04±0.493	3.41	=
ML/DE	1.06~1.14 (14)	1.10±0.01	1.10±0.022	1.10±0.067	1.11	=
H/B	1.38~1.75 (14)	1.53±0.01	1.53±0.065	1.53±0.224	1.73	=
TR/HL	1.47~1.81 (14)	1.64±0.01	1.64±0.065	1.64±0.224	1.60	=
ED/EV	0.72~1.61 (14)	1.33±0.03	1.33±0.108	1.33±0.448	1.40	=
H/h	1.75~2.26 (13)	2.03±0.04	2.03±0.129	2.03±0.493	2.05	=

Table 92. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in female of *M. cinereus*, taken from the East China Sea and Kumano-nada. Number of specimens was put in parenthesis. *m*, confidence limit (95 %); For other abbreviations, see Fig. 12.

Items	East China Sea (E)			Kumano-nada (K)			F ₀	F _(0.05)	F' ₀	F' _(0.05)	E:K
	Range	Mean value	$m = \bar{x} \pm \frac{u}{\sqrt{n}}t$	Range	Mean value	$m = \bar{y} \pm \frac{v}{\sqrt{n}}t$					
TL/HL	6.02~7.04 (12)	6.34±0.05	6.34±0.174	6.23~6.68 (7)	6.49±0.06	6.49±0.331	0.57	4.03	0.10	4.45	=
TL/BH	15.15~19.66 (12)	17.25±0.30	17.25±1.003	14.88~19.64 (7)	16.00±0.40	16.00±1.556	1.22	4.03	2.57	4.45	=
TL/TR	3.52~4.28 (12)	3.80±0.04	3.80±0.131	3.82~4.43 (7)	3.97±0.05	3.97±0.179	0.80	4.03	0.27	4.45	=
TL/TL	1.65~1.85 (12)	1.75±0.01	1.75±0.044	1.67~2.09 (7)	1.71±0.04	1.71±0.119	10.00	4.03	—	4.45	=
TL/AL	2.24~2.66 (12)	2.39±0.02	2.39±0.065	1.91~2.49 (7)	2.31±0.04	2.31±0.190	5.00	4.03	—	4.45	=
HL/SL	3.21~3.93 (12)	3.42±0.04	3.42±0.131	3.26~4.11 (7)	3.54±0.07	3.54±0.237	1.75	4.03	0.08	4.45	=
HL/ED	8.52~11.50 (12)	9.00±0.18	9.00±0.545	8.14~10.06 (7)	8.93±0.02	8.93±0.536	2.00	4.03	0.04	4.45	=
HL/IS	6.00~8.29 (12)	7.25±0.12	7.25±0.479	6.80~7.93 (7)	7.14±0.08	7.14±0.474	0.28	4.03	0.12	4.45	=
HL/PL	2.35~4.13 (12)	3.22±0.08	3.22±0.218	2.82~3.33 (7)	3.03±0.04	3.03±0.403	0.27	4.03	1.79	4.45	=
HL/DL	4.00~5.80 (12)	4.48±0.09	4.48±0.174	2.15~2.34 (7)	2.17±0.01	2.17±0.089	0.125	4.03	137.90	4.45	>
HL/DD	6.09~7.75 (12)	6.82±0.11	6.82±0.371	3.77~4.59 (7)	3.99±0.07	3.99±0.268	2.65	4.03	140.99	4.45	>
SD/HL	0.66~1.24 (12)	0.99±0.02	0.99±0.872	0.80~0.95 (7)	0.90±0.01	0.90±0.045	0.15	4.03	2.56	4.45	=
SL/IS	1.83~2.39 (12)	2.13±0.03	2.13±0.872	1.74~2.42 (7)	1.81±0.01	1.81±0.286	5.00	4.03	—	4.45	=
SL/EV	3.26~5.09 (12)	3.63±0.10	3.63±0.371	2.82~3.98 (7)	3.23±0.01	3.23±0.366	0.50	4.03	2.52	4.45	=
ML/DE	1.06~1.13 (12)	1.09±0.01	1.09±0.022	4.09~4.73 (7)	4.29±0.06	4.29±0.179	10.00	4.03	—	4.45	=
H/B	1.56~1.91 (12)	1.71±0.02	1.71±0.065	1.33~1.81 (7)	1.56±0.05	1.56±0.152	3.00	4.03	5.86	4.45	>
TR/HL	1.47~1.80 (12)	1.63±0.02	1.63±0.065	1.49~1.73 (7)	1.61±0.02	1.61±0.089	1.00	4.03	0.18	4.45	=
ED/EV	1.19~1.62 (12)	1.37±0.02	1.37±0.087	1.08~1.53 (7)	1.31±0.03	1.31±0.125	1.00	4.03	0.79	4.45	=
H/h	1.86~2.29 (12)	2.15±0.02	2.15±0.087	2.00~2.46 (7)	2.17±0.03	2.17±0.152	1.50	4.03	0.74	4.45	=

Table 93. Tests of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in male of *M. cinereus*, taken from the East China Sea and Kumano-nada. m , confidence limit (95 %); T , rejective limit (95 %); for other abbreviations, see Fig. 12.

Items	East China Sea (E)				Kumano-nada (K)	E: K
	Range	Mean value	$m = \bar{x} \pm \frac{u}{\sqrt{n}}$	$T = \bar{x} \pm u \sqrt{\frac{N+1}{N} F}$		
TL/HL	6.25~6.72 (3)	6.52±0.01	6.52±0.477	6.52±1.290	6.56	=
TL/BH	14.76~19.33 (3)	16.67±0.78	16.67±4.293	16.67±11.656	20.66	=
TL/TR	3.50~3.83 (3)	3.62±0.01	3.62±0.318	3.62±0.843	4.11	=
TL/TI	1.77~1.81 (3)	1.79±0.01	1.79±0.095	1.79±0.248	1.66	=
TL/AL	2.30~2.37 (3)	2.34±0.01	2.34±0.064	2.34±0.149	2.52	<
HL/SL	3.12~3.30 (3)	3.22±0.03	3.22±0.223	3.22±0.496	3.56	=
HL/ED	8.00~8.13 (3)	8.03±0.02	8.03±0.191	8.03±0.496	8.68	<
HL/IS	6.32~7.70 (3)	6.97±0.22	6.97±1.272	6.97±3.422	7.21	=
HL/PL	3.00~3.35 (3)	3.20±0.04	3.20±0.318	3.20±0.843	3.27	=
HL/DL	4.13~4.33 (3)	4.20±0.04	4.20±0.191	4.20±0.496	2.36	>
HL/DD	5.65~6.80 (3)	6.13±0.20	6.13±1.208	6.13±3.274	4.48	=
SD/HL	0.95~1.00 (3)	0.98±0.01	0.98±0.064	0.98±0.149	0.95	=
SL/IS	2.00~2.37 (3)	2.13±0.05	2.13±0.318	2.13±0.843	2.03	=
SL/EV	3.50~4.26 (3)	3.74±0.13	3.74±0.763	3.74±2.083	3.41	=
ML/DE	1.06~1.08 (3)	1.07±0.01	1.07±0.006	1.07±0.049	4.09	=
H/B	1.64~2.07 (3)	1.76±0.05	1.76±0.445	1.76±1.190	1.73	=
TR/HL	1.63~1.92 (3)	1.77±0.05	1.77±0.254	1.77±0.694	1.60	=
ED/EV	1.35~2.00 (3)	1.60±0.11	1.60±0.636	1.60±1.736	1.40	=
h/H	1.95~2.40 (3)	2.15±0.07	2.15±0.413	2.15±1.091	2.05	=

Table 94. Recognized significant difference in test of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in *M. cinereus*, between any two of three different localities. E, East China Sea; K, Kumano-nada; S, Suō-nada.

Sex		Female			Male		
Items	Locality	E: S	K: S	E: K	E: S	K: S	E: K
Dorsal fin ray length	(HL/DL)	>	<	>	>	<	>
Head length	(SD/HL)		<	>			
Vertical eye diameter	(ED/EV)		<				
Dorsal fin depth	(HL/DD)			>			
Angle of snout	(H/B)			>			

Trunk length	(TL/TR)				<		
Anal length	(TL/AL)				<		<
Body height	(TL/BH)					>	
Eye diameter	(HL/ED)					>	>

Table 95. Showing the confidence limit (95 %) of mean value in proportional measurements of such part as indicated recognizable difference in three localities. E, East China Sea; Kumano-nada; S, Suō-nada.

Sex		Female			Male		
Locality		E	S	K	E	S	K
Items							
Dorsal fin ray length (HL/DL)		4.48±0.174	4.04±0.207	2.17±0.089	6.13±1.208	5.56±0.839	2.36
Head length (SD/HL)		0.99±0.872	1.02±0.066	0.90±0.045			
Vertical eye diameter (ED/EV)		1.37±0.087	1.42±0.066	1.31±0.125			
Dorsal fin depth (HL/DD)		6.82±0.371	6.46±1.334	3.99±0.268			
Angle of snout (H/B)		1.71±0.065	1.61±1.320	1.56±0.152			
Trunk length (TL/TR)					3.63±0.318	4.04±0.108	4.11
Anal length (TL/AL)					2.34±0.064	2.51±0.065	2.52
Body height (TL/BH)					16.67±4.293	16.47±0.817	20.66
Eye diameter (HL/ED)					8.03±0.191	7.52±0.280	8.68

Table 96. Showing the difference in order in each proportional measurement that shows either recognizable or significant difference in three localities. The results were derived from the data shown in Table 94 and Table 100. E, East China Sea; K, Kumano-nada; S, Suō-nada.

Sex		Female			Male		
Items							
Dorsal fin ray length (HL/DL)		E > S > K			E > S > K		
Head length (SD/HL)		S = E > K					
Vertical eye diameter (ED/EV)		E = S = K					
Dorsal fin depth (HL/DD)		E = S = K					
Angle of snout (H/B)		E = S = K					
Trunk length (TL/TR)					K = S > E		
Anal length (TL/AL)					K = S > E		
Body height (TL/BH)					K = E = S		
Eye diameter (HL/ED)					K > E = S		

以上の結果にもとづき、いずれかの産地間で有意差の認められた 9 形質を第 94 表と第 95 表に一括した。そしてこれらの形質について、各地産がもつ係数平均値を大きい順に配置し、その配置でとなりあった各産地間に有意差があるばあい不等号を、また差異がないばあい等記号を配して表示すると第 96 表となる。雌では第 96 表が示すように、頭長の 1 形質を除く他の 4 形質の係数の平均値はいずれも熊野灘産-周防灘産-東支那海産の順に増加している。すなわち頭長に対する背鰭鰭条長の係数平均値は東支那海産がもっとも大きく、熊野灘産がもっとも小さく、周防灘産のものがその間に位する。そしてそれぞれの産地間ではいずれも有意差を示す。吻端から背鰭起部までの距離に対する頭長の係数平均値は周防灘産がもっとも小さいが、東支那海産と周防灘産との間に有意差のないことから他の 4 形質と同じような傾向があるといえる。また眼径に対する眼高、頭長に対する背鰭の高さおよび吻角は東支那海産と熊野灘産との間にのみ有意差を示すが、係数の平均値の順位は前記 2 形質と全く同様である。

雄では頭長に対する背鰭鰭条長が雌におけると同様な傾向を示すが、他の 4 形質では雌と反対の傾向がみられる。つまり全長に対する軀幹長および頭長の係数の平均値は東支那海産がもっとも大きく、熊野灘産がもっとも小さく、この間、東支那海産と周防灘産および前者と熊野灘産の間にはそれぞれ有意差がある。しかし周防灘産と熊野灘産の間には有意差はない。また、全長に対する体高では周防灘産が最高値を、東支那海産が中間値を示すが、熊野灘産と東支那海産、東支那海産と周防灘産においてはそれぞれ有意差がなくて近似した変異を示し、その両端に位置する産地の間においてのみ有意差のあることから、この形質も軀幹長や頭長とは同じような傾向があるようにみられる。また頭長に対する眼径の係数の平均値においても熊野灘産がもっとも小さく、周防灘産および東支那海産との間にそれぞれ有意差を示すが、東支那海産と周防灘産との間には有意差がみられないことから、上述の 3 形質とはほぼ同様な傾向を認めることができる。

2. 体 節 的 形 質

体節的形質として、脊椎骨数、肛門の位置までの脊椎骨数、腹椎骨数、尾椎骨数、側線孔数、肛門までの側線孔数、胸鰭条数、背鰭鰭条数および臀鰭鰭条数などを比較すると第 97 表、第 98 表および第 99 表となる。周防灘産と東支那海産では、腹椎骨数、背鰭鰭条数および臀鰭鰭条数に有意差が認められ、いずれも前者が多い。さらに周防灘産と熊野灘産では脊椎骨数、肛門の位置までの脊椎骨数、腹椎骨数および臀鰭鰭条数などに有意差があり、いずれも前者が多い。また東支那海産と熊野灘産では肛門の位置までの脊椎骨数、側線

Table 97. Comparisons of meristic characters between specimens of *M. cinereus* obtained from Suō-nada and the East China Sea. Number of specimens was put in parenthesis. M , mean value; PE , probable error.

Items	Suō-nada (S)		East China Sea (E)		$M_S - M_E$	$\sqrt{(PE_S)^2 + (PE_E)^2}$	$\frac{M_S - M_E}{\sqrt{(PE_S)^2 + (PE_E)^2}}$	S:E
	Range	Mean value	Range	Mean value				
Vertebrae	145~158 (57)	150.90 ±0.237	148~151 (10)	149.70 ±0.192	1.20	0.305	3.933	=
Vertebrae before vent	41~46 (41)	43.56 ±0.112	41~45 (11)	43.00 ±0.255	0.56	0.278	2.010	=
Abdominal vertebrae	68~69 (10)	68.30 ±0.098	65~68 (10)	66.20 ±0.209	2.10	0.230	9.098	>
Lateral line pores	146~154 (38)	148.18 ±0.193	148~150 (10)	149.10 ±0.201	0.92	0.278	3.301	=
Lateral line pores before vent	40~47 (57)	42.98 ±0.476	41~45 (10)	42.53 ±0.213	0.45	0.521	0.863	=
Pectoral fin rays	16~17 (57)	17	16~17 (10)	16.40 ±0.104				=
Dorsal fin rays	291~302 (38)	297.75 ±0.161	290~300 (11)	292.50 ±1.900	4.93	0.723	6.817	>
Anal fin rays	221~228 (38)	223.61 ±0.144	195~225 (10)	212.50 ±1.978	11.10	1.983	5.754	>

Table 98. Comparison of meristic characters between specimens of *M. cinereus* obtained from Suō-nada and Kumano-nada. Number of specimens examined is in parenthesis. $\bar{M}$, mean value; $P\bar{E}$, probable error.

Items	Suō-nada (S)		Kumano-nada (K)		$M_S - M_K$	$\sqrt{(P\bar{E}_S)^2 + (P\bar{E}_K)^2}$	$\frac{M_S - M_K}{\sqrt{(P\bar{E}_S)^2 + (P\bar{E}_K)^2}}$	S:K
	Range	Mean value	Range	Mean value				
Vertebrae	145~158 (57)	150.900 ± 0.237	148~150 (9)	149.000 ± 0.236	1.900	0.335	5.671	>
Vertebrae before vent	41~46 (41)	43.560 ± 0.112	41~42 (9)	41.911 ± 0.055	1.550	0.124	12.491	>
Abdominal vertebrae	68~69 (10)	68.300 ± 0.098	67~68 (9)	67.112 ± 0.100	1.180	0.140	8.500	>
Lateral line pores	146~154 (38)	148.180 ± 0.193	146~148 (8)	147.000 ± 0.236	1.180	0.305	3.868	=
Lateral line pores before vent	40~47 (57)	42.980 ± 0.476	42~46 (9)	43.330 ± 0.351	0.353	0.592	0.596	=
Pectoral fin rays	16~17 (57)	15 (6)	15 (6)					=
Dorsal fin rays	291~302 (38)	297.750 ± 0.161	295~300 (8)	297.500 ± 0.594	0.250	0.615	0.407	=
Anal fin rays	221~228 (38)	223.610 ± 0.144	195~215 (8)	207.500 ± 7.50	16.110	17.861	8.290	>

Table 99. Comparison of meristic characters between specimens of *M. cinereus* obtained from the East China Sea and Kumano-nada. Number of specimens examined is in parenthesis. $\bar{M}$, mean value; $P\bar{E}$, probable error.

Items	East China Sea (E)		Kumano-nada (K)		$M_E - M_K$	$\sqrt{(P\bar{E}_E)^2 + (P\bar{E}_K)^2}$	$\frac{M_E - M_K}{\sqrt{(P\bar{E}_E)^2 + (P\bar{E}_K)^2}}$	E:K
	Range	Mean value	Range	Mean value				
Vertebrae	148~151 (10)	149.700 ± 0.192	148~150 (8)	149.00 ± 0.236	0.700	0.304	2.301	=
Vertebrae before vent	41~45 (11)	43.000 ± 0.255	41~42 (9)	41.900 ± 0.055	1.090	0.261	4.213	>
Abdominal vertebrae	65~68 (10)	66.200 ± 0.209	67~68 (9)	67.110 ± 0.100	0.910	0.232	3.938	=
Lateral line pores	148~150 (10)	149.100 ± 0.201	146~148 (8)	147.000 ± 0.236	2.100	0.310	6.841	>
Lateral line pores before vent	41~45 (15)	42.530 ± 0.213	42~46 (9)	43.330 ± 0.351	0.800	0.411	1.956	=
Pectoral fin rays	16~17 (10)	16.400 ± 0.104	15 (6)					=
Dorsal fin rays	290~300 (11)	292.820 ± 0.705	295~300 (8)	297.500 ± 0.594	4.680	0.921	5.080	<
Anal fin rays	195~225 (10)	212.500 ± 1.978	195~215 (8)	207.500 ± 7.500	5.000	2.000	2.500	=

孔数および背鰭鰭条数などに有意差が認められ、前2者は東支那海産の方が多く、背鰭鰭条数は熊野灘産が多い。

以上の結果から平均値の順位および相互関係を一括して表示すると第100表となる。すなわち産地別の平均値の順位は脊椎骨数では周防灘産がもっとも多く、東支那海産がそれに次ぎ、熊野灘産がもっとも少ない。そして相互の関係は周防灘産と熊野灘産の間では顕著な差を示すが、東支那海産と周防灘産および前者と熊野灘産のそれぞれの間では有意な差がない。肛門の位置までの脊椎骨数は周防灘産がもっとも多く、ついで東支那海産が多く、熊野灘産がもっとも少ない。そして周防灘産と東支那海産の間では有意差がないが、

東支那海産と熊野灘産および両端に位置する周防灘産と熊野灘産の間には顕著な差を示す。腹椎骨数では周防灘産がもっとも多く、熊野灘産がそれにつぎ、東支那海産がもっとも少ない。そして相互の関係は東支那海産と熊野灘産および後者と周防灘産との間にそれぞれ有意差のないことから前述の2者と同じような傾向があるといえる。

Table 100. Recognized significant difference in test of average value of meristic characters of *M. cinereus* between any two of three different localities. E, East China Sea; K, Kumano-nada; S, Suō-nada.

Items \ Locality	S : E	S : K	E : K
Vertebrae		>	
Vertebrae before vent		>	>
Abdominal vertebrae	>		
Lateral line pores			>
Dorsal fin rays	>		<
Anal fin rays	>	>	

Table 101. Showing the mean value of vertebrae and other meristic characters of *M. cinereus* in such parts as indicated recognizable difference in three localities. E, East China Sea; K, Kumano-nada; S, Suō-nada.

Items \ Locality	E	S	K
Vertebrae	149.7 ± 0.19	150.90 ± 0.24	149.30 ± 0.24
Vertebrae before vent	43.00 ± 0.26	43.56 ± 0.11	41.91 ± 0.06
Abdominal vertebrae	66.20 ± 0.21	68.30 ± 0.00	67.11 ± 0.10
Lateral line pores	149.10 ± 0.20	148.18 ± 0.19	147.00 ± 0.24
Dorsal fin rays	292.82 ± 0.71	297.75 ± 0.16	297.50 ± 0.59
Anal fin rays	212.50 ± 1.98	223.61 ± 0.14	207.50 ± 7.50

Table 102. Showing the difference in apparent order in each meristic character of *M. cinereus* that shows either significant difference or insignificant one in three localities. E, East China Sea; Kumano-nada; S, Suō-nada.

Items	Apparent order			
Vertebrae	K	=	E	= S
Vertebrae before vent	K	<	E	= S
Abdominal vertebrae	E	=	K	= S
Lateral line pores	K	=	S	= E
Dorsal fin rays	E	=	K	= S
Anal fin rays	K	=	E	< S

側線孔数は東支那海産がもっとも多く、熊野灘産がもっとも少なく、両者の間にのみ有意差がある。ところが肛門の位置までの側線孔数はいずれの間でも有意差が認められない。しかしやはり熊野灘産が少ない傾向がある。

背鰭鱗条数は周防灘がもっとも多く、東支那海産がもっとも少なく、両者の間にのみ有意差がある。したがって脊椎骨数や腹椎骨数のばあいと同じような傾向がみられる。また臀鰭鱗条数は周防灘産がもっとも多く、ついで東支那海産であり、熊野灘産はもっとも少なく、相互の関係は周防灘産と東支那海産および前者と熊野灘産にそれぞれ有意差があり、肛門の位置までの脊椎骨数と全く同じような傾向を示す。

B. マ ア ナ ゴ

日本におけるマアナゴの分布は広く、噴火湾を北限とし、本邦の太平洋沿岸および南部日本海沿岸の各地に豊産する。ところで本研究では日本海沿岸から得た標本は仙崎(山口県)の1箇所に過ぎないので、おもに大平洋沿岸のマアナゴについて検討する。また採集後に雌雄性をしらべた結果、平生湾(周防灘)を除く他の水域のものはほとんど雌雄不明の個体と雌であって、雄は渥美湾と宮崎沿岸でそれぞれ得たに過ぎない。したがって雄については詳細な検討を加えることができなかった。よって雌についてそれぞれの生息水域における形態の変異と全体的にみた変異の傾向をしらべた。

1. 外部形質

各生息水域における外部形質の変異、平均値およびその標準誤差を求め(第103表～第111表)、それらの結果にもとづき、まず太平洋沿岸の各水域から得たものについて、北方から順次隣りあった産地ごとにそれぞれの形質を比較して第112表と第113表に、さらに平生湾産と太平洋沿岸の各水域および日本海に属する仙崎沿岸産とを比較して第116表および第117表に掲げた。

Table 103. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from Volcano Bay. Number of specimens was put in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	7.35~7.71 (3)	7.54±0.07	0.18±0.05	2.39±0.66
TL/TR	3.67~4.20 (3)	3.94±0.10	0.27±0.07	6.85±1.89
TL/TI	1.36~1.63 (3)	1.53±0.06	0.15±0.04	9.21±2.53
TL/AL	2.49~2.67 (3)	2.59±0.04	0.09±0.02	3.47±0.96
HL/SL	3.73~4.41 (3)	4.07±0.13	0.34±0.09	8.35±2.30
HL/ED	6.69~8.63 (3)	7.50±0.39	1.01±0.28	104.13±28.67
HL/IS	4.41~5.22 (3)	4.85±0.20	0.52±0.14	8.45±2.32
HL/PL	2.38~2.93 (3)	2.84±0.14	0.36±0.10	4.23±1.16
HL/DL	3.07~3.37 (3)	3.22±0.01	0.02±0.01	4.66±1.28
SD/HL	1.38~1.42 (3)	1.40±0.01	0.02±0.01	1.43±0.39
SL/IS	1.00~1.40 (3)	1.20±0.08	0.20±0.06	16.67±4.59
H/B	0.77~1.09 (3)	0.93±0.06	0.16±0.04	17.20±4.13
TR/HL	1.75~2.10 (3)	1.92±0.07	0.18±0.05	93.75±25.81
h/H	1.47~1.79 (3)	1.61±0.08	0.16±0.04	9.38±2.58

Table 104. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from the waters of Hachinohe. Number of specimens was put in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.58~8.78 (18)	7.82±0.07	0.46±0.05	5.87±0.66
TL/TR	3.52~4.15 (18)	3.92±0.02	0.15±0.02	3.80±0.43
TL/TI	1.56~1.75 (18)	1.63±0.06	0.04±0.01	2.45±0.28
TL/AL	2.51~2.70 (18)	2.61±0.01	0.04±0.01	1.53±0.17
HL/SL	3.13~4.47 (18)	4.18±0.05	0.33±0.04	7.99±0.90
HL/ED	6.45~9.09 (18)	7.91±0.12	0.75±0.08	9.48±1.07
HL/IS	3.84~5.13 (18)	4.62±0.05	0.32±0.04	6.93±0.78
HL/PL	2.53~3.14 (18)	2.74±0.03	0.21±0.02	7.55±0.85
HL/DL	2.99~3.70 (18)	3.32±0.03	0.17±0.02	5.00±0.06
SD/HL	1.30~1.57 (18)	1.41±0.003	0.02±0.002	1.41±0.16
SL/IS	0.94~1.23 (18)	1.09±0.01	0.08±0.01	7.71±0.87
H/B	0.50~0.96 (18)	0.76±0.02	0.11±0.01	15.00±1.69
TR/HL	1.59~2.50 (18)	2.00±0.003	0.19±0.002	9.50±1.07
h/H	1.19~1.80 (18)	1.43±0.03	0.17±0.02	11.75±1.32

Table 105. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from Matsushima Bay. Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.60~7.64 (33)	6.96±0.03	0.30±0.03	4.31±0.36
TL/TR	3.72~4.40 (33)	4.11±0.02	0.16±0.01	3.89±0.33
TL/TI	1.59~1.72 (33)	1.64±0.01	0.07±0.01	4.27±0.36
TL/AL	2.39~2.81 (33)	2.58±0.01	0.07±0.01	4.27±0.36
HL/SL	3.65~4.56 (33)	4.06±0.02	0.21±0.02	5.17±0.44
HL/ED	5.38~8.28 (33)	7.00±0.09	0.77±0.06	10.97±0.92
HL/IS	4.61~6.79 (33)	5.48±0.06	0.54±0.05	9.89±0.83
HL/PL	2.37~3.13 (33)	2.72±0.02	0.19±0.02	6.91±0.58
HL/DL	2.91~3.37 (33)	3.14±0.01	0.12±0.01	3.76±0.32
SD/HL	1.22~1.52 (33)	1.32±0.01	0.06±0.01	4.55±0.38
SL/IS	1.15~1.74 (33)	1.36±0.02	0.14±0.01	10.15±0.86

H/B	0.85~1.15 (33)	1.00±0.01	0.08±0.01	7.70±0.65
TR/HL	1.71~2.42 (33)	1.95±0.03	0.26±0.02	3.74±0.32
h/H	1.40~2.09 (33)	1.66±0.02	0.17±0.01	10.24±0.86

Table 106. Proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*. The specimens were obtained from Atsumi Bay. Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Sex	Female				Male
Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	One specimen
TL/HL	6.46~7.59 (9)	7.16±0.08	0.37±0.06	5.10±0.81	6.69
TL/TR	3.78~4.20 (9)	4.04±0.04	0.16±0.03	3.96±0.63	4.09
TL/TI	1.60~1.72 (9)	1.64±0.01	0.04±0.01	2.44±0.39	1.65
TL/AL	2.38~2.67 (9)	2.58±0.01	0.03±0.01	1.16±0.18	2.54
HL/SL	3.57~4.20 (9)	3.92±0.06	0.20±0.05	5.10±0.81	3.16
HL/ED	6.67~8.73 (9)	7.37±0.18	0.82±0.13	11.13±1.77	7.43
HL/IS	3.47~7.38 (9)	5.42±0.28	1.24±0.20	22.51±3.58	4.33
HL/PL	2.33~2.74 (9)	2.59±0.03	0.12±0.02	4.63±0.74	2.60
HL/DL	2.91~3.54 (9)	3.20±0.04	0.16±0.03	5.62±0.78	3.25
SD/HL	1.24~1.46 (9)	1.37±0.02	0.07±0.01	5.11±0.81	1.27
SL/IS	1.11~1.85 (9)	1.41±0.05	0.24±0.04	17.02±2.71	1.04
H/B	0.92~1.07 (9)	0.98±0.01	0.06±0.01	5.61±0.77	1.14
TR/HL	1.65~1.96 (9)	1.84±0.06	0.25±0.04	13.59±2.16	1.63
h/H	1.25~1.70 (9)	1.50±0.04	0.17±0.03	11.33±1.81	1.50

Table 107. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from Kii Channel. Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.32~6.97 (10)	6.65±0.06	0.28±0.04	4.21±0.64
TL/TR	3.87~4.32 (10)	4.09±0.03	0.15±0.03	3.62±0.55
TL/TI	1.62~1.69 (10)	1.66±0.01	0.02±0.003	4.82±0.73
TL/AL	2.45~2.61 (10)	2.52±0.01	0.05±0.01	1.82±0.27
HL/SL	3.73~4.11 (10)	3.95±0.03	0.14±0.02	3.54±0.53
HL/ED	6.91~8.55 (10)	7.55±0.10	0.47±0.07	6.21±0.94

HL/IS	4.80~7.60 (10)	5.27±0.17	0.82±0.12	15.56±2.34
HL/PL	2.36~3.04 (10)	2.64±0.05	0.23±0.04	8.71±1.31
HL/DL	2.59~3.83 (10)	3.14±0.21	0.98±0.15	31.21±4.71
SD/HL	1.22~1.36 (10)	1.30±0.01	0.05±0.01	3.51±0.53
SL/IS	1.17~1.32 (10)	1.26±0.01	0.05±0.01	3.96±0.63
H/B	0.87~0.97 (10)	0.92±0.01	0.03±0.004	3.26±0.49
TR/HL	1.57~1.78 (10)	1.67±0.01	0.05±0.01	3.17±0.47
h/H	1.05~1.23 (10)	1.12±0.01	0.05±0.01	4.46±0.67

Table 108. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from Tosa Bay. Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.81~7.45 (7)	7.09±0.07	0.26±0.05	3.81±0.69
TL/TR	3.89~4.09 (7)	3.98±0.02	0.08±0.01	2.01±0.36
TL/TI	1.64~1.70 (7)	1.65±0.01	0.03±0.01	1.81±0.33
TL/AL	2.50~2.59 (7)	2.55±0.01	0.03±0.01	1.18±0.21
HL/SL	3.86~4.14 (7)	3.96±0.03	0.13±0.02	3.28±0.59
HL/ED	6.67~8.92 (7)	7.68±0.19	0.74±0.13	9.63±1.74
HL/IS	4.08~5.95 (7)	5.42±0.16	0.62±0.11	11.44±2.06
HL/PL	2.50~3.18 (7)	2.86±0.06	0.25±0.05	8.71±1.57
HL/DL	2.83~3.05 (7)	3.00±0.03	0.11±0.02	3.67±0.66
SD/HL	1.31~1.43 (7)	1.36±0.01	0.05±0.01	3.68±0.66
SL/IS	1.25~1.58 (7)	1.41±0.03	0.11±0.02	7.80±1.41
H/B	0.89~1.13 (7)	0.98±0.02	0.08±0.02	0.82±0.15
TR/HL	1.67~1.90 (7)	1.78±0.02	0.09±0.02	5.06±0.91
h/H	1.60~1.80 (7)	1.70±0.02	0.07±0.01	4.11±0.74

Table 109. Proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*. The specimens were obtained from off Miyazaki Pref. Number of specimens was put in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Sex	Female				Male
Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	One specimen
TL/HL	6.37~7.46 (4)	6.83±0.16	0.16±0.11	6.72±1.60	7.72
TL/TR	4.00~4.22 (4)	4.11±0.04	0.11±0.03	2.56±0.61	4.00

TL/TL	1.62~1.66 (4)	1.64±0.01	0.02±0.004	1.04±0.25	1.61
TL/AL	2.52~2.61 (4)	2.55±0.02	0.05±0.01	1.76±0.42	2.63
HL/SL	4.07~4.60 (4)	4.28±0.08	0.24±0.06	5.49±1.31	4.13
HL/ED	6.61~7.34 (4)	6.99±0.10	0.31±0.07	4.39±1.05	6.15
HL/IS	4.63~5.66 (4)	5.18±0.14	0.42±0.10	8.14±1.94	5.02
HL/PL	2.62~3.13 (4)	2.82±0.08	0.24±0.06	8.51±2.03	2.66
HL/DL	2.93~3.53 (4)	3.20±0.09	0.26±0.06	8.16±1.94	3.37
SD/HL	1.33~1.40 (4)	1.37±0.004	0.01±0.002	0.73±0.17	1.40
SL/IS	1.01~1.34 (4)	1.21±0.05	0.14±0.03	10.83±2.58	1.21
H/B	0.91~1.21 (4)	1.08±0.04	0.13±0.03	11.67±2.78	1.17
TR/HL	1.51~1.87 (4)	1.67±0.05	0.15±0.04	8.92±2.13	1.93
h/H	1.28~1.57 (4)	1.40±0.04	0.13±0.03	9.29±2.22	1.20

Table 110. Proportional measurements of various parts of body in female of *C. myriaster*. The specimens were obtained from off Senzaki (Yamaguchi Pref.). Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.09~7.40 (10)	6.94±0.09	0.44±0.07	6.28±0.95
TL/TR	3.65~4.41 (10)	3.96±0.05	0.23±0.04	5.82±0.88
TL/TL	1.63~1.89 (10)	1.69±0.01	0.07±0.01	4.14±0.93
TL/AL	2.39~2.58 (10)	2.51±0.01	0.06±0.01	2.39±1.16
HL/SL	3.55~4.45 (10)	3.92±0.06	0.27±0.04	6.79±1.02
HL/ED	6.87~10.25 (10)	8.42±0.21	0.97±0.02	11.46±1.75
HL/IS	3.79~5.93 (10)	4.82±0.12	0.57±0.09	11.82±2.64
HL/PL	2.45~3.20 (10)	2.80±0.05	0.22±0.03	7.75±1.17
HL/DL	2.74~3.24 (10)	3.07±0.03	0.15±0.02	4.82±0.72
SD/HL	1.25~1.58 (10)	1.39±0.02	0.08±0.01	5.97±0.90
SL/IS	1.00~1.48 (10)	1.23±0.04	0.17±0.03	9.55±1.44
H/B	0.84~1.00 (10)	0.91±0.02	0.08±0.01	9.12±1.38
TR/HL	1.44~1.90 (10)	1.77±0.04	0.17±0.03	9.60±1.44
h/H	1.39~1.80 (10)	1.56±0.03	0.13±0.02	8.08±1.22

Table 111. Proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*. The specimens were obtained from Hirao Bay, Yamaguchi Pref. Number of specimens examined is in parenthesis. For abbreviations, see Fig. 12.

Sex	Male				Female			
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/HL	6.61~7.77 (22)	6.98±0.07	0.46±0.05	6.59±0.07	6.62~7.65 (22)	7.05±0.04	0.30±0.02	4.26±0.43
TL/TR	3.82~4.42 (22)	4.10±0.07	0.46±0.05	16.22±1.14	3.32~4.80 (23)	4.04±0.04	0.28±0.03	6.95±0.70
TL/TI	1.48~1.69 (22)	1.61±0.06	0.04±0.004	2.48±0.25	1.58~1.79 (23)	1.64±0.01	0.04±0.004	2.56±0.26
TL/AL	2.53~2.70 (22)	2.62±0.06	0.05±0.01	1.91±0.19	2.27~2.69 (23)	2.58±0.01	0.09±0.01	3.41±0.34
HL/SL	3.78~4.43 (22)	4.19±0.04	0.29±0.03	6.92±0.70	3.45~4.97 (23)	4.23±0.06	0.44±0.05	10.40±1.05
HL/ED	6.06~7.73 (22)	6.85±0.07	0.48±0.05	7.01±0.71	5.75~8.67 (23)	7.18±0.13	0.89±0.09	12.40±1.25
HL/IS	4.21~5.68 (22)	5.00±0.06	0.42±0.04	8.40±0.85	4.57~9.20 (23)	5.36±0.13	0.89±0.09	16.60±1.67
HL/PL	2.26~2.85 (22)	2.60±0.02	0.66±0.02	6.15±0.63	2.43~3.83 (23)	2.73±0.04	0.29±0.03	10.60±1.05
HL/DL	3.03~3.96 (22)	3.39±0.04	0.26±0.03	7.67±6.78	2.56~4.56 (23)	3.34±0.06	0.04±0.004	11.98±1.20
SD/HL	1.26~1.00 (22)	1.36±0.10	0.08±0.01	5.88±0.60	1.20~1.42 (23)	1.33±0.01	0.04±0.004	3.00±0.30
SL/IS	1.02~1.38 (22)	1.20±0.10	0.02±0.01	10.00±1.02	0.94~2.40 (23)	1.28±0.04	0.28±0.07	21.88±2.20
TR/HL	1.53~2.00 (22)	1.78±0.02	0.14±0.01	7.86±0.80	1.40~2.16 (23)	1.77±0.02	0.16±0.02	9.10±6.14
H/B	0.88~1.20 (22)	1.07±0.12	0.08±0.08	7.47±0.76	0.85~1.30 (23)	1.06±0.01	0.11±0.01	10.88±1.06
h/H	0.81~1.15 (22)	0.96±0.14	0.10±0.10	10.40±1.06	0.82~1.28 (23)	0.93±0.04	0.03±0.003	3.23±0.33

Table 112. Reliability of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*. The specimens were obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan. Abbreviations for localities see Fig. 42.

Items \ Locality	FU : HA	HA : MA	MA : AT	AT : KI	KI : TO	TO : MI
TL/HL	2.86	10.92	2.00	5.10	4.28	1.48
TL/TR	0.20	6.78	1.56	1.00	3.06	2.89
TL/TI	1.18	0.53	0	0.16	0.91	0.17
TL/AL	0.65	2.50	0	0.73	2.31	0.46
HL/SL	0.79	5.71	2.22	0.44	0.25	11.85
HL/ED	0.96	6.07	1.84	0.87	0.61	3.21
HL/IS	1.37	11.03	0.21	0.45	0.64	1.12
HL/PL	1.72	0.28	3.89	0.91	2.82	0.40
HL/DL	1.49	5.63	1.46	0.28	0.21	2.11
SD/HL	1.43	1.19	2.43	3.18	4.29	0.91
SL/IS	1.36	12.27	0.93	3.00	4.69	3.45
H/B	2.70	1.09	1.58	5.00	6.44	2.43
TR/HL	1.14	0.91	2.19	2.83	5.00	2.04
h/H	2.68	0.64	3.56	9.00	2.36	6.22

Table 113. Recognized significant difference in test of geographical differences of proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*, between any two of seven different localities. The results were obtained from the data shown in Table 112. For abbreviations, see Fig. 12 and Fig. 42.

Items	Locality	FU : HA	HA : NA	MA : AT	AT : KI	KI : TO	TO : MI
TL/HL		=	>	=	>	<	=
TL/TR		=	<	=	=	=	=
TL/TI		=	=	=	=	=	=
TL/AL		=	=	=	=	=	=
HL/SL		=	>	=	=	=	<
HL/ED		=	>	=	=	=	=
HL/IS		=	<	=	=	=	=
HL/PL		=	=	=	=	=	=
HL/DL		=	>	=	=	=	=
SD/HL		=	=	=	=	<	=
SL/IS		=	<	=	=	<	=
H/B		=	=	=	>	<	=
TR/HL		=	=	=	=	<	=
h/H		=	=	=	>	=	>

Table 114. Reliability of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*, between any two of seven different localities. For abbreviations, see Fig. 12 and Fig. 42.

Items	Locality	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : FA
TL/HL		0.66	0.98	4.06	12.72
TL/TR		1.33	0	1.06	4.72
TL/TI		0.77	0	1.75	0.49
TL/AL		2.73	0.91	2.08	7.50
HL/SL		0.60	2.68	1.37	3.97
EL/ED		1.18	0.07	1.24	2.31
HL/IS		0	1.97	1.55	3.67
HL/PL		4.03	1.09	0.21	1.67
HL/DL		4.00	0.66	0.12	0.85
SD/HL		0.46	0.25	1.07	11.00
SL/IS		0	2.78	0.11	12.14
H/B		0	1.95	2.08	7.62
TR/HL		0.95	0.52	2.91	3.30
h/H		4.44	5.78	2.92	9.69

Table 115. Recognized significant difference in test of geographical differences of proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*, between any two of seven different localities. The results were obtained from the data shown in Table 114. For abbreviations, see Fig. 12 and Fig. 42.

Items \ Locality	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
TL/HL	=	=	<	<
TL/TR	=	=	=	>
TL/TI	=	=	=	=
TL/AL	=	=	=	<
HL/SL	=	=	=	=
HL/ED	=	=	=	=
HL/IS	=	=	=	=
HL/PL	>	=	=	=
HL/DL	<	=	=	=
SD/HL	=	=	=	<
SL/IS	=	=	=	>
H/B	=	=	=	>
TR/HL	=	=	=	=
h/H	>	<	=	<

Table 116. Reliability of geographical differences in proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*, between Hirao Bay, Yamaguchi Pref. and each of other eight different localities. Abbreviations for localities, see Fig. 12 and Fig. 42.

Items \ Locality	HI : FU	HI : HA	HI : MA	HI : AT	HI : KI	HI : TO	HI : SE	HI : MI
TL/HL	6.05	30.80	1.20	1.53	5.56	0.50	1.12	0.13
TL/TR	0.56	0.24	1.78	0.20	1.20	1.11	1.09	1.40
TL/TI	1.31	0.11	0	0	0.33	0.02	0.83	0
TL/AL	0.31	2.50	0	0	2.14	2.31	5.00	1.36
HL/SL	0.12	0.68	3.97	3.97	4.18	4.03	3.74	0.50
HL/ED	0.74	4.16	1.03	1.03	2.85	2.17	5.00	0.72
HL/IS	2.00	5.32	0.25	0.25	0.42	0.30	3.05	0.94
HL/PL	26.72	19.40	18.22	18.22	13.59	47.39	1.09	9.29
HL/DL	1.41	0.95	2.09	2.09	0.92	5.08	4.03	0.85
SD/HL	7.78	40.00	3.33	3.33	2.50	2.50	2.86	0.56
SL/IS	0.90	4.75	2.28	2.28	0.48	2.60	0.88	0.58
H/B	1.75	6.07	3.04	2.17	2.17	1.29	0.71	1.96
TR/HL	0	5.50	1.05	1.05	2.14	0	1.75	1.61
h/H	9.16	11.56	27.22	1.39	2.14	1.82	15.63	8.61

Table 117. Recognized significant difference in test of geographical differences of proportional measurements of various parts of body in *C. myriaster*, between Hirao Bay, Yamaguchi Pref. and each of other eight different localities. The results were obtained from the data shown in Table 116. For abbreviations, see Fig. 12 and Fig. 42.

Items \ Locality	HI : FU	HI : HA	HI : MA	HI : SE	HI : KI	HI : TO	HI : SE	HI : MI
TL/HL	<	<	=	=	>	=	=	=
TL/TR	=	=	=	=	=	=	=	=
TL/TI	=	=	=	=	=	=	=	=
TL/AL	=	=	=	=	=	=	>	=
HL/SL	=	=	=	=	>	>	=	=
HL/ED	=	<	=	=	=	=	<	=
HL/IS	=	>	=	=	=	=	=	=
HL/PL	<	<	<	<	<	<	<	<
HL/DL	=	=	=	=	=	>	>	=
SD/HL	<	<	=	=	=	=	=	=
SL/IS	=	>	=	=	=	=	=	=
H/B	=	>	=	=	=	=	=	=
TR/HL	=	<	=	=	=	=	=	=
h/H	<	<	<	=	=	=	<	<

噴火湾産と八戸近海産のものでは各形質の信頼度は4以下で有意差の認められる形質はない。八戸近海産と松島湾産とは全長に対する頭長および軀幹長、頭長に対する眼隔と下顎長、吻長に対する眼隔などにそれぞれ有意差が認められる。すなわち頭長は松島湾産が長く、軀幹長は八戸近海産が長い。また眼隔は八戸近海産が大きく、下顎長は松島湾産が長い。さらにこの眼隔は吻長に対するばあいも同様である。

松島湾産と渥美湾産のものではいずれの形質においても有意差はない。渥美湾産と紀伊水道産のものでは全長に対する頭長のはか吻角と吻高にかなりはっきりした差が認められる。すなわち頭長は前者が短く、吻角は後者が大きく、また吻高は後者が高い。紀伊水道産と土佐湾産とは全長、吻端から背鰭起部までの距離および軀幹長に対する頭長、吻長に対する眼隔その他吻角にそれぞれ有意差が認められる。つまり頭長は全長、軀幹長および吻端から背鰭起部までの距離のいずれに対するばあいも前者が長い。また吻長に対する眼隔、および吻角はいずれも前者が大きい。土佐湾産と宮崎沿岸産とは頭長に対する吻長と吻高に有意差がある。すなわち吻長は前者が長く、吻高は後者が高い。

以上の結果にもとづき、太平洋沿岸の各水域のものについて形質ごとに変異の幅、平均値および変異の傾向をしらべ、さらに平生湾（周防灘）産と仙崎沿岸産のものについて比較的な考察を加えると以下の通りである。

1) 頭長（全長/頭長）

産地別にみた変異の範囲、平均値、隣りあった産地間の信頼度、変異の有意性および順位などを一括したのが第118表である。本表が示したように変異は南から北にわたって連続しているが、わずかにずれの傾向を認めることができる。つまり噴火湾産と八戸近海産とは平均値に差がなく、変異はまったく重複しているので、両地区産のものに顕著なずれはない。しかし松島湾産と八戸近海産とは前者の係数の平均値および変異の幅は小さく、かつ両者間に有意差があることから局部的には相違の傾斜が顕著である。松島湾産と渥美湾産とは係数の平均値は後者がやや大きい、信頼度からすると有意差はない。渥美湾産と紀伊水道産とは後者の係数の平均値は顕著に小さい。紀伊水道産と土佐湾産では変異は重複しているが総体的には

Table 118. Geographical variation of head length into total length in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. As Kii Channel (KI) is a part of the Inland Sea of Japan, the specimens of Tosa (TO) and those of Atsumi Bay (AT) are especially compared as shown in right column. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items	Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO:AT
Range		7.35~7.71	6.58~8.78	6.60~7.64	6.46~7.59	6.32~6.97	6.81~7.45	6.37~7.46	
Mean value		7.54±0.07	7.82±0.07	6.96±0.03	7.16±0.08	6.65±0.06	7.09±0.07	6.83±0.16	
Reliability		2.86	10.92	2.00	5.10	4.28	1.48		0.66
Difference (significant or not)		=		=			=		=
Apparent order		2	1	5	3	7	4	6	

後者の係数値が大きい方にかたよっている傾向がみられる。土佐湾産と宮崎沿岸産とは両者の係数の平均値に有意差はないが変異の範囲からみると後者の係数値はいくらか小さい方にかたよっている傾向が認められる。紀伊水道は瀬戸内海の影響が大きいと思われるので、これを除いた土佐湾産と瀬美湾産とを隔地検定によって比較すると信頼度は0.66で両者間に差がない。したがって瀬美湾産を除くと全体的にみて南方のものの係数の値は小さい。つまり北方水域のものは南方水域のものより頭長が短い傾向を示し、とくに八戸近海と松島湾との間を境界として以北と以南の差が顕著である。

さて平生湾産が示す係数の平均値は土佐湾産と松島湾産に近似的、もっとも頭長の長い紀伊水道産とは有意差を示すが、他の松島湾以南の各地産のものは有意差がなく、したがって松島湾以南のグループに入ることかわかる。さらに日本海側に位する仙崎沿岸産のものは(第110表)、平生湾の個体群と有意差のないことから、平生湾産と同様に北緯39°以南の太平洋岸のものと相似することを認める。

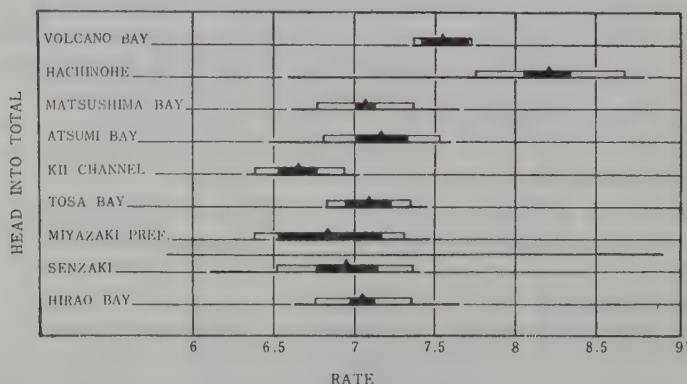


Fig. 43. Showing the variation of coefficients of head length into total length in specimens of *C. myriaster* obtained from each of nine fishing grounds. For each locality the range of variation is shown by a heavy horizontal line; the mean (M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean ($2\sigma M$) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) on either side of M. σ indicates dispersion; $2\sigma M$, reliability.

2) 軀幹長 (全長/軀幹長)

産地別にみた全長に対する軀幹長の係数値の変異, 平均値, 隣りあった産地間の信頼度, 差異の有意性および順位などを一括すると第 119 表となる。すなわち八戸産と松島湾産の間において有意差が認められる以

Table 119. Geographical variation of trunk length into total length in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences between Volcano Bay (FU) and Matsushima Bay (MA), Hachinohe (HA) and Kii Channel (KI), and Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Locality Items	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MJ	FU : MA	HA : KI	TO : AT
Range	3.67~ 4.20	3.52~ 4.15	3.72~ 4.40	3.78~ 4.20	3.37~ 4.32	3.89~ 4.09	4.00~ 4.22			
Mean value	3.94± 0.10	3.92± 0.02	4.11± 0.02	4.04± 0.04	4.09± 0.03	3.98± 0.02	4.11± 0.04			
Reliability	0.20	6.78	1.56	1.00	3.06	2.89		1.06	4.72	1.33
Difference (significant or not)	=	<	=	=	=	=		=	<	=
Apparent order	5	6	1	3	2	4	1			

外はすべて等記号で示される。この結果からすると、松島湾以南と八戸近海以北に分かれる。この点、概述の項における全長に対する頭長の関係で認められたと同じような傾向を認めうる。しかし第 119 表の結果は宮崎沿岸産と噴火湾産との間の信頼度が無意で差異が認められないことから、八戸近海産と松島湾産との間におけるずれはきわめて少ないとみられる。

平生湾産のものは、変異は比較的大きく 3.32~4.80 で、平均値は 4.04 ± 0.04 を示し瀬美湾産および松島

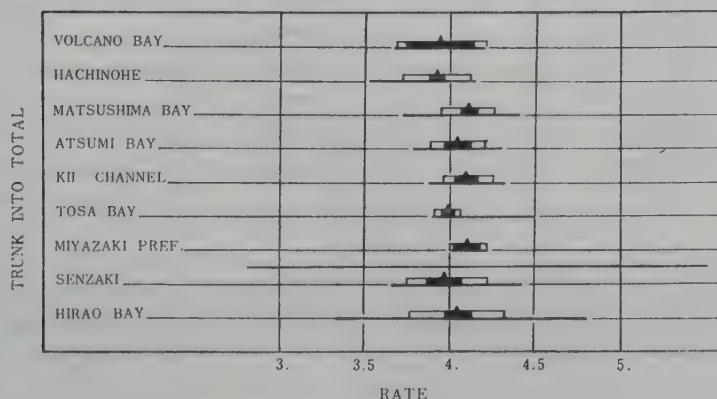


Fig. 44. Showing the variation of coefficients of trunk length into total length in specimens of *C. myriaster* obtained from each of nine fishing grounds. For each locality the range of variation is shown by heavy horizontal line; the mean (M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean ($2\sigma M$) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) on either side of M. σ indicates dispersion; $2\sigma M$, reliability.

湾産と相似する。また日本海側に位する仙崎沿岸産のものは、変異が平生湾産のものと同じように大きいが、平均値は比較的小さく、噴火湾産と八戸近海産のそれぞれと相似する。

3) 尾部長 (全長/尾部長)

全長に対する尾部長の地理的変異は第 125 表の通りである。すなわちそれぞれ隣りあった産地の間におけ

Table 120. Geographical variation of tail length into total length in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences of each specimen between Volcano Bay (FU) and Miyazaki Pref. (MI), Hachinohe (HA) and Kii Channel (KI), and Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Locality Items	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	FU : MI	HA : KI	TO : AT
Range	1.36~ 1.63	1.56~ 1.75	1.59~ 1.72	1.60~ 1.72	1.62~ 1.69	1.64~ 1.70	1.62~ 1.66			
Mean value	1.53± 0.06	1.63± 0.06	1.64± 0.01	1.64± 0.01	1.66± 0.01	1.65± 0.01	1.64± 0.01			
Reliability	1.18	0.53	0	0.16	0.91	2.89		1.75	0.49	0.77
Difference (significant or not)	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Apparent order	5	4	3	3	1	2	3			

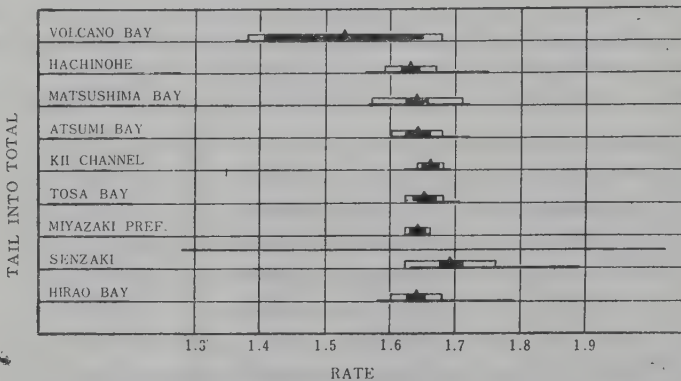


Fig. 45. Showing the variation of the coefficients of tail length into total length in specimens of *C. myriaster* obtained from each of nine fishing grounds. For each locality the range of variation is shown by a heavy horizontal line; the mean(M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean(2σM) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) on either side of M. σ indicates dispersion; 2σM, reliability.

る信頼度はすべて4以下であり、また隔地検定においても差異がなく、変異の全体的なずれの傾向は顕著でない。しかし各産地の係数の平均値をみると噴火湾産がもっとも小さく、それより紀伊水道まで南下するほど大きくなっている。そして上佐湾産も宮崎沿岸産も比較的に大きい値を示していることから、概して尾部長は北方のものより南方に住むものが長い傾向があるようにみられる。ところで平生湾産のものが示す係数

値の変異は1.58~1.79で、その平均値は 1.64 ± 0.01 を示し、宮崎沿岸産、渥美湾産および松島湾産とはほぼ同じような値をとる。一方仙崎沿岸産のボス変異は1.63~1.89、その平均値は 1.69 ± 0.01 で最大値を示すが、平生湾産との間では有意差はなく、土佐湾産との間ではじめて差異を示し、したがってこれ以下の値をもつ各地産との間に有意差を示す。

4) 肛長(全長/肛長)

産地別の範囲、平均値および産地間の信頼度などを示したのが第121表である。この形質も前述の軀幹長

Table 121. Geographical variation of anal length into total length between each specimen of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences between Tosa Bay(TO) and Atsumi Bay(AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Locality Items	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO: AT	MI: MA	MI: FU	KI: HA
Range	2.49~ 2.67	2.51~ 2.70	2.39~ 2.81	2.38~ 2.67	2.45~ 2.61	2.50~ 2.59	2.52~ 2.61				
Mean value	2.59 ± 0.03	2.61 ± 0.01	2.58 ± 0.01	2.58 ± 0.01	2.52 ± 0.01	2.55 ± 0.01	2.55 ± 0.02				
Reliability	0.65	2.50	0	0.73	2.31	0.46		2.73	0.91	2.08	7.50
Difference (significant or not)	=	=	=	=	=	=	=	=	=	=	<
Apparent order	2	1	3	3	5	4	4				

と同じように顕著な傾向は認められない。係数の平均値の順位をみると、八戸近海産のものがもっとも大きく、ついで噴火湾産であり、他は松島湾産、渥美湾産、土佐湾産、宮崎沿岸産と少しずつ小さくなっているが、紀伊水道産はもっとも小さい値を示す。そこでこの紀伊水道産を除くとおおよその傾向として南に偏するほど係数の平均値が小さくなる傾向を認める。隔地検定の結果は紀伊水道産のものが極端に小さい値を示す関係から、八戸近海産とは有意差を示すが、他は差異がない。ところで平生湾産は係数の変異が2.27~2.69、平均値は 2.58 ± 0.01 で、渥美湾産および松島湾産とはほぼ相似する。したがって紀伊水道産を含めた太平洋沿岸各地産と有意な差が認められない。しかし仙崎近海産とは有意な差がある。すなわち仙崎沿岸産の係数の平均値は 2.51 ± 0.01 で、全体でもっとも小さく、紀伊水道産のものがこれとはほぼ相似している。

5) 吻長(頭長/吻長)

この形質はウナギ(松井, 1952)や既述のハモにおけると同じように、変異が比較的大きい。第122表で明らかなように差異は八戸産と松島湾産、土佐湾産と宮崎沿岸産のそれぞれの間で顕著に示されるが、両端の水域で平均値が比較的大きく、中間水域では小さいので、全体的な傾向は判然としない。平生湾産の変異は3.45~4.99、平均値は 4.23 ± 0.06 で宮崎沿岸産のものに相似し、紀伊水道産や土佐湾産との間で有意差を示す。また仙崎沿岸産の変異は3.55~4.45、平均値は 3.92 ± 0.06 で渥美湾産の値に近似する。

6) 眼径(頭長/眼径)

測定結果は第123表の通りである。吻長と同様にこの形質は二次性徴に関係があり、生殖腺の発達にともなって変化する。変異の全体的なずれの傾向は明らかでない。すなわち係数の平均値は八戸近海産がもっとも大きく、土佐湾産がこれにつぎ、紀伊水道産、噴火湾産、渥美湾産の順に小さくなっている。平生湾産の変異は5.75~8.67、平均値は 7.18 ± 0.13 で比較的小さい値をとり、全水域でもっとも大きい値を示した仙崎沿岸産と、八戸近海産のそれぞれの間で有意な差を示す。

Table 122. Geographical variation of snout length into head length between each specimen of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences between Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA) respectively Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) are especially shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	3.73~ 4.41	3.13~ 4.73	3.65~ 4.56	3.57~ 4.20	3.73~ 4.11	3.86~ 4.14	4.07~ 4.60				
Mean value	4.07± 0.13	4.18± 0.05	4.06± 0.02	3.92± 0.06	3.95± 0.03	3.96± 0.03	4.28± 0.08				
Reliability	0.75	5.71	2.22	0.44	0.25	11.85		0.60	2.68	1.37	3.97
Difference (significant or not)	=	>	=	=	=	<		=	=	=	=
Apparent order	3	2	4	7	6	5	1				

Table 123. Geographical variation of eye diameter into head length in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI
Range	6.69~8.63	6.48~9.09	5.38~8.53	6.67~8.73	6.91~8.55	6.67~8.92	6.61~7.34
Mean value	7.50±0.41	7.91±0.12	7.00±0.09	7.34±0.18	7.55±0.10	7.68±0.19	6.99±0.10
Reliability	0.96	6.07	1.84	0.87	0.61	3.21	
Difference (significant or not)	=	>	=	=	=	=	=
Apparent order	4	1	6	5	3	2	7

7) 眼隔 (頭長/眼隔)

測定結果は第 124 表に示す通りである。この形質も二次性徴に関係するが、松島湾産と八戸近海産との間を境界として以北では小さく、以南では大きい。隔地検定では宮崎沿岸産が比較的小さい値を示すことから、噴火湾産と有意差が認められないが、係数の平均値からみると概述したように北方水域産より、南方水域産のものが大きいとみられる。平生湾産の変異は 4.59~9.20、平均値は 5.36±0.13 で、変異は非常に大きい。平均値は小さくほぼ紀伊水道産に相似する。仙崎沿岸産の変異は 3.79~5.93 の範囲で、その平均値は全体でもっとも小さく、噴火湾産や八戸近海産のそれぞれに近似する。

8) 胸鰭長 (頭長/胸鰭長)

測定結果は第 125 表の通りである。係数の平均値は上佐湾産がもっとも大きく、渥美湾産がもっとも小さい。この両者の間には有意差があるが、これ以外の各地産の間には有意差がなく、したがって地理的変異の傾向は判別し難い。平生湾産の変異は 2.41~3.83 の範囲を示し、その平均値は 2.73±0.04 で、八戸近海産のものに相似する。また仙崎沿岸産の変異は 2.45~3.20、平均値は 2.80±0.05 で、宮崎沿岸産に近い値を示す。

Table 124. Geographical variation of interorbital width into head length between each of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences of each specimen between Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	4.41~ 5.22	3.84~ 5.13	4.61~ 6.79	3.47~ 7.38	4.80~ 7.60	4.08~ 5.95	4.63~ 5.66				
Reliability	4.85± 0.16	4.62± 0.05	5.48± 0.06	5.42± 0.28	5.27± 0.17	5.42± 0.16	5.18± 0.14				
Mean value	1.37	11.03	0.21	0.45	0.64	1.12		0	1.97	1.55	3.67
Difference (significant or not)	=	<	=	=	=	=		=	=	=	=
Apparent order	5	6	1	2	3	2	4				

Table 125. Geographical variation of pectoral fin length into head length between each specimen of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical difference of each specimen between Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	2.71~ 2.93	2.45~ 3.14	2.31~ 3.13	2.33~ 2.74	2.36~ 3.04	2.50~ 3.18	2.62~ 3.13				
Mean value	2.84± 0.05	2.74± 0.03	2.72± 0.02	2.59± 0.03	2.64± 0.05	2.86± 0.06	2.82± 0.08				
Reliability	1.72	0.28	3.89	0.91	2.82	0.40		4.03	1.09	0.21	1.67
Difference (significant or not)	=	=	=	=	=	=		>			
Apparent order	2	4	5	7	6	1	3				

9) 下顎長 (頭長/下顎長)

測定結果は第126表の通りである。係数の平均値は八戸近海産、南北両端に位する宮崎沿岸産と噴火湾産、およびそれらの中間に位する渥美湾産の値が大きく、他の各地産のものはそれらより小さく、全体的にずれの傾向は認められない。平生湾産の係数の平均値はもっとも大きく、また変異の幅も広い。そして土佐湾産と仙崎沿岸産の間にのみ差異を示す。仙崎沿岸産の変異は2.74~3.24の範囲で、平均値は3.07±0.03を示し、土佐湾産と相似する。

10) 頭長 (吻端から背鰭始部までの距離/頭長)

測定結果は第127表の通りである。各地産の変異は重複し、係数の平均値は同じかまたは接近し、有意差がなく、したがって傾向的なずれは認められない。平生湾産の変異は1.20~1.42、平均値は1.33±0.01で、噴火湾産および八戸近海産との間に有意差を示すが、それ以外の各地産との間では差異がみられない。また仙崎沿岸産のものの変異は1.25~1.58、平均値は1.39±0.02で比較的大きく噴火湾産や八戸近海産に近い値を示す。

Table 126. Geographical variation of mandible length into head length in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences of each specimen between Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	3.07~ 3.37	2.99~ 3.70	2.91~ 3.37	2.91~ 3.53	2.59~ 3.83	2.83~ 3.05	2.93~ 3.53				
Mean value	3.22± 0.06	3.32± 0.03	3.14± 0.01	3.20± 0.04	3.14± 0.21	3.00± 0.03	3.20± 0.09				
Reliability		1.49	5.63	1.46	0.28	0.21	2.11	4.00	0.66	0.12	0.85
Difference (significant or not)		=	>	=	=	=	=	<	=	=	=
Apparent order	2	1	4	3	4	5	3				

Table 127. Geographical variation of head length into distance from tip of snout to origin of dorsal fin of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU) and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	1.38~ 1.42	1.30~ 1.57	1.20~ 1.52	1.24~ 1.46	1.22~ 1.36	1.31~ 1.43	1.33~ 1.40				
Mean value	1.40± 0.01	1.41± 0.03	1.32± 0.01	1.37± 0.02	1.30± 0.01	1.36± 0.01	1.37± 0.004				
Reliability		1.43	1.19	2.43	3.18	4.29	0.91	0.46	0.25	1.07	11.00
Difference (significant or not)		=	=	=	=	=	=	=	=	=	=
Apparent order	1	2	5	3	6	4	3				

11) 眼隔 (物長/眼隔)

測定結果は第 128 表の通りである。係数の平均値の順位は渥美湾産および土佐湾産がもっとも大きく、ついで宮崎沿岸産である。全体的には松島湾産以南のものが比較的大きい値を示し、それより以北の噴火湾産と八戸近海産が小さい。そして松島湾産と八戸近海産との間で有意差がある。したがって紀伊水道産が示す比較的小さい値を除くと北方のものが南にすむものに比して小さい傾向があるようにみられる。平生湾産の変異は 0.94~2.40, 平均値は 1.28±0.04 で、八戸近海産との間で有意差を示す。仙崎沿岸産の変異は 1.00~1.48, 平均値は 1.23±0.04 で比較的小さく、噴火湾産よりやや大きい。しかし土佐湾産、宮崎沿岸および平生湾産のそれぞれとの間に有意差はない。

12) 吻角 (吻長/眼の前縁における幅)

産地別の変異, 平均値, 各産地間の信頼度などを示したのが第 129 表である。係数の平均値は宮崎沿岸産のものがもっとも大きく、八戸近海産がもっとも小さい。そして紀伊水道産が比較的小さい値を示し、土佐

Table 128. Geographical variation of interorbital width into snout length between in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences between Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) are especially shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	1.00~ 1.40	0.94~ 1.23	1.20~ 1.52	1.11~ 1.85	1.17~ 1.32	1.25~ 1.58	1.33~ 1.40				
Mean value	1.20± 0.08	1.09± 0.01	1.32± 0.01	1.41± 0.05	1.26± 0.01	1.41± 0.03	1.37± 0.004				
Reliability	1.36	12.27	0.93	3.00	4.69	3.45		0	2.78	0.11	12.14
Difference (significant or not)	=	<	=	=	<	=		=	=	=	>
Apparent order	5	6	3	1	4	1	2				

湾産との間で有意差が認められる。しかしこれを除くと各地産の間で有意差はない。したがって全体的に顯著なずれは認められないが、紀伊水道産を除いて考察すると既述した吻長に対する眼幅の形質と反対に、概して北方のものが小さく、南方の水域に生息するものが大きい傾向があるようにみられる。平生湾産の変異は0.88~1.20, 平均値は 1.07 ± 0.12 で比較的大きく、宮崎沿岸産に近似する。仙崎沿岸産の変異は0.84~1.00, 平均値は 0.92 ± 0.02 で比較的小さい値を示す。

Table 129. Geographical variation of snout angle in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences of Tosa Bay (TO) and Atsumi Bay (AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay (MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay (FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	0.77~ 1.09	0.50~ 0.96	0.85~ 1.15	0.92~ 1.07	0.87~ 0.97	0.89~ 1.13	0.91~ 1.21				
Mean value	0.93± 0.06	0.76± 0.02	1.00± 0.01	0.98± 0.01	0.92± 0.01	0.98± 0.02	1.08± 0.04				
Reliability	2.70	1.09	1.58	5.00	6.44	2.43		0	1.95	2.08	7.62
Difference (significant or not)	=	=	=	>	<	=		=	=	=	>
Apparent order	4	6	2	3	5	3	1				

13) 頭長 (鰾幹長/頭長)

測定結果は第130表の通りである。係数の平均値は八戸近海産がもっとも大きく、紀伊水道産および宮崎沿岸産がともに小さい。全体的にみてわずかに北方の水域のものが大きい値を示す傾向があるようにみられるが、隔地検定の結果が示すように有意差がなく、この傾向は著しいとは考えられない。平生湾産の変異は1.40~2.16, 平均値は 1.77 ± 0.02 で、瀬美湾以南の水域に産するものに相似する。

Table 130. Geographical variation of head length into trunk length between each specimen of *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences of each specimen between Tosa Bay(TO) and Atsumi Bay(AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay(MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay(FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe(HA) are especially compared as shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	1.75~ 2.10	1.59~ 2.50	1.71~ 2.42	1.65~ 1.96	1.57~ 1.78	1.67~ 1.90	1.51~ 1.87				
Mean value	1.92± 0.07	2.00± 0.003	1.95± 0.03	1.84± 0.06	1.67± 0.01	1.78± 0.02	1.67± 0.05				
Reliability	1.40	0.91	2.19	2.83	5.00	2.04		0.95	0.52	2.91	3.30
Difference (significant or not)	=	=	=	=	<	=		=	=	=	=
Apparent order	3	1	2	4	6	5	6				

14) 吻 高

測定結果は第136表の通りである。係数の平均値は上佐湾産がもっとも大きく、紀伊水道産がもっとも小さい。そして噴火湾産、松島湾産は比較的大きい値を示すが、八戸近海産は宮崎沿岸産と同じように小さい値を示し、したがって地理的なずれの傾向は明らかでない。平生湾産は0.85~1.30の変異を示し、平均値は1.06±0.01で小さく、ほぼ紀伊水道産と相似する。また仙崎沿岸産の変異は1.39~1.80、平均値は1.56±0.03で比較的大きく、噴火湾産に近似する。

Table 131. Geographical variation of snout height in *C. myriaster* obtained from seven different localities in the Pacific coast of Japan, indicated by range, mean, reliability, difference significant or insignificant and order. Geographical differences between Tosa Bay(TO) and Atsumi Bay(AT), Miyazaki Pref. (MI) and Matsushima Bay(MA), Miyazaki Pref. (MI) and Volcano Bay(FU), and Kii Channel (KI) and Hachinohe (HA) respectively are especially shown in right columns. Abbreviations for localities, see Fig. 42.

Items \ Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	TO : AT	MI : MA	MI : FU	KI : HA
Range	1.47~ 1.79	1.19~ 1.80	1.40~ 2.09	1.25~ 1.70	1.05~ 1.23	1.60~ 1.80	1.28~ 1.57				
Mean value	1.61± 0.06	1.43± 0.03	1.66± 0.02	1.50± 0.04	1.12± 0.01	1.70± 0.02	1.43± 0.04				
Reliability	2.68	0.68	3.56	4.12	2.36	6.22		4.44	5.78	2.92	9.69
Difference (significant or not)	=	=	=	>	=	>		>	<	=	<
Apparent order	3	5	2	4	6	1	5				

雄については標本が少なく、平生湾産を除くと宮崎沿岸と渥美湾でそれぞれ1尾採集したに過ぎない。したがって全体的な比較ができなかったため、平生湾産に対して宮崎沿岸産および渥美沿岸産をそれぞれ棄却限界法で比較した(第132表)。第132表が示すように平生湾産と渥美湾産の間では頭長に対する吻長の1形質に有意差があり、係数の平均値は平生湾産が大きい値を示す。しかし宮崎沿岸産と平生湾産の間ではいづれの形質にも差異はない。

Table 132. Comparison of certain proportions and some other features in male of *C. myriaster* between specimens of Hirao Bay (Inland Sea of Japan) and those of two other localities (Miyazaki Pref. and Atsumi Bay) by using the Masuyama's rejection method. Difference significant or insignificant is shown in right columns. HL, Hirao Bay, Yamaguchi Pref.; AT, Atsumi Bay, Aichi Pref.; MI, Totoro, Miyazaki Pref. For other abbreviations, see Fig. 12.

Locality	Hirao Bay					Atsumi Bay	Miyazaki Pref.	AT:HI	MI:HI
	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation	Rejective limit				
TL/HL	6.61~7.73	6.98±0.07	0.46±0.05	6.59±0.07	6.91±0.61	6.69	7.72	=	=
TL/TR	2.81~4.42	4.10±0.07	0.46±0.05	11.22±1.14	4.10±0.54	4.09	4.00	=	=
TL/TL	1.48~1.69	1.61±0.06	0.04±0.04	2.48±0.25	1.61±0.09	1.65	1.61	=	=
TL/AL	2.53~2.71	2.62±0.06	0.05±0.01	1.91±0.19	2.62±0.19	2.54	2.63	=	=
HL/SL	3.73~4.91	4.19±0.04	0.29±0.03	6.92±0.70	4.19±0.95	3.16	4.13	>	=
HL/ED	5.93~7.73	6.85±0.09	0.48±0.05	7.01±0.71	6.85±1.89	7.43	6.15	=	=
HL/IS	4.21~5.83	5.00±0.06	0.42±0.04	8.40±0.85	5.00±1.92	4.33	5.02	=	=
HL/PL	2.26~2.85	2.60±0.02	0.16±0.02	6.15±0.63	2.60±0.61	2.00	2.66	=	=
HL/DL	3.00~3.96	3.37±0.04	0.26±0.03	7.67±0.78	3.37±0.53	3.25	3.37	=	=
SD/HL	1.26~1.60	1.35±0.10	0.08±0.01	5.88±0.60	1.35±0.06	1.27	1.40	=	=
SL/IS	1.02~1.44	1.20±0.17	0.12±0.01	10.00±1.02	1.20±0.60	1.04	1.21	=	=
TR/HL	1.54~2.00	1.78±0.02	0.14±0.01	7.86±0.80	1.78±0.27	1.63	1.93	=	=
H/B	0.81~1.15	0.96±0.14	0.10±0.01	10.40±1.06	0.96±0.21	1.14	1.17	=	=
h/H	0.88~1.20	1.07±0.12	0.08±0.01	7.47±0.76	1.07±1.70	1.50	1.20	=	=

2. 体節的形質

産地別の全脊椎骨数、腹椎骨数、肛門までの脊椎骨数、全側線孔数、肛門までの側線孔数、胸鰭条数、背鰭条数、臀鰭条数の変異および平均値を第132表と第134表、第46図、第47図および第48図に掲げた。以下太平洋沿岸各水域産のものについて検討する。

Table 133. Comparison of certain meristic characters of *C. myriaster* between the specimens of each fishing ground of nine localities. Number of specimens examined in each fishing ground is parenthesized. S. D., standard deviation; C. V., coefficient of variation.

Locality	Items	Vertebrae	Abdominal vertebrae	Vertebrae before vent	Lateral line pores	Lateral line pores before vent	Pectoral fin rays	Dorsal fin rays	Anal fin rays
Volcano Bay (3)	Range	143~144	52~53	42	145~146	42	16	277~302	204~235
	Mean value	143.67±0.37	52.34±0.37	42	145.67±0.37	42	16	283.30±9.75	216.70±9.71
	S. D.	0.47	0.47		0.47	—	—	12.50	12.45
	C. V.	0.88	0.90		0.32	—	—	4.41	5.75
Hachinohe (8)	Range	143~144	50~53	40~42	144~145	41~42	16	256~302	196~236
	Mean value	143.38±0.23	52.37±0.43	41.00±0.24	144.88±0.16	41.63±0.23	16	277.50±8.15	217.50±7.34
	S. D.	0.49	1.00	0.50	0.33	0.48	—	17.10	15.40
	C. V.	0.34	1.91	1.22	0.23	1.15	—	6.16	7.04
Matsushima Bay (10)	Range	143~144	51~53	40~41	145~146	39~41	16	277~322	198~227
	Mean value	143.20±0.20	52.20±0.32	40.30±0.20	145.60±0.21	40.40±0.34	16	313.00±6.40	214.50±4.43
	S. D.	0.46	0.75	0.46	0.49	0.80	—	14.87	10.36
	C. V.	0.32	1.43	1.14	0.34	1.98	—	4.75	4.83

Atsumi Bay (10)	Range	143~145	48~53	40~43	144~147	39~42	16	254~304	193~228
	Mean value	144.10±	50.70±	40.80±	145.80±	40.50±	16	281.00±	208.00±
	S. D.	0.27	0.36	0.42	0.32	0.61	—	7.10	3.74
	C. V.	0.63	0.95	0.98	0.75	1.12	—	16.40	8.75
		0.44	1.87	2.40	0.51	2.76	—	5.84	4.21
Kii Channel (10)	Range	141~145	51~53	39~41	143~146	39~40	16	269~323	203~226
	Mean value	143.00±	51.70±	40.00±	144.60±	39.50±	16	287.00±	210.00±
	S. D.	0.06	0.27	0.27	0.42	0.21	—	7.35	8.00
	S. D.	1.41	0.64	0.63	1.44	0.50	—	16.76	3.84
	C. V.	0.99	1.24	1.58	1.00	1.26	—	5.84	1.83
Tosa Bay (7)	Range	143~145	51~53	38~42	145~147	39~42	16	257~306	202~227
	Mean value	144.00±	52.43±	40.43±	145.67±	40.29±	16	278.60±	212.85±
	S. D.	0.39	0.36	0.66	0.36	0.45	—	8.77	4.88
	S. D.	0.76	0.73	1.29	0.72	0.88	—	17.23	9.60
	C. V.	0.52	1.38	3.20	0.50	2.18	—	6.18	4.51
Miyazaki Pref. (3)	Range	142	52~53	38~41	144	39~41	16	265~268	196~198
	Mean value	142	52.17±	39.67±	144	40.00±	16	266.50±	197.00±
	S. D.	—	0.29	0.97	—	0.96	—	0.83	0.95
	S. D.	—	0.37	1.24	—	1.00	—	1.22	1.00
	C. V.	—	0.71	3.14	—	2.50	—	0.45	0.51
Hirao Bay (10)	Range	138~144	50~53	39~42	141~146	40~42	16	257~316	173~227
	Mean value	143.00±	52.20±	40.80±	144.79±	41.00±	16	281.00±	204.00±
	S. D.	0.74	0.42	0.46	0.58	0.31	—	6.87	6.08
	S. D.	1.73	0.98	1.07	1.35	0.57	—	16.09	14.28
	C. V.	1.21	1.88	2.51	0.93	1.39	—	5.73	7.00
Senzaki (10)	Range	141~144	51~53	39~42	143~145	39~42	16	292~323	192~228
	Mean value	143.30±	52.20±	40.43±	144.60±	40.40±	16	304.00±	201.00±
	S. D.	0.39	0.28	0.34	0.28	0.37	—	5.21	7.73
	S. D.	0.90	0.75	0.80	0.65	0.92	—	12.20	18.10
	C. V.	0.62	1.43	1.98	0.45	2.28	—	4.02	9.00

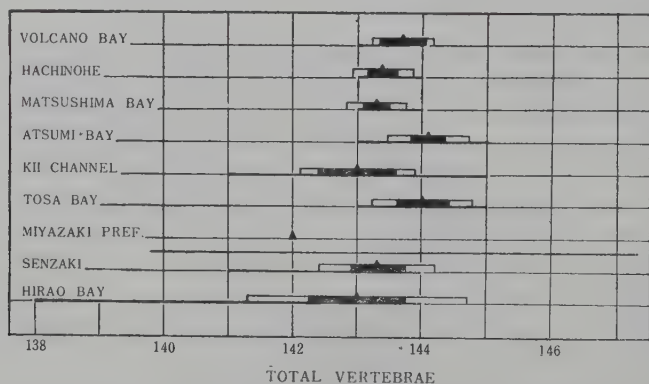


Fig. 46. Showing the variation in number of total vertebrae of *C. myriaster* obtained from each of nine localities. For each locality the range of variation is shown by a heavy horizontal line; the mean (M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean ($2\sigma M$) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) on either side of M. σ , indicates dispersion; $2\sigma M$, reliability.

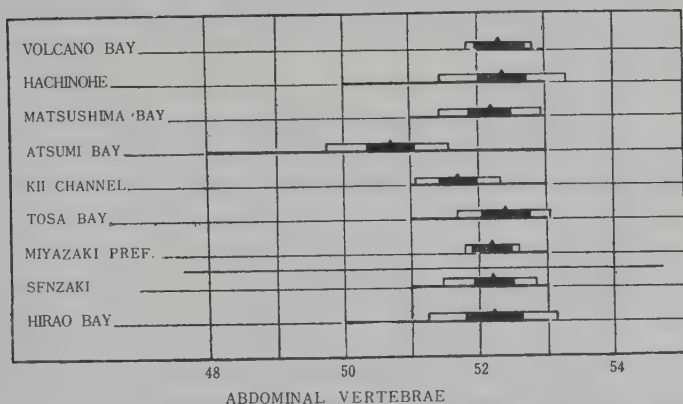


Fig. 47. Showing the variation in number of abdominal vertebrae of *C. myriaster* obtained from each of nine localities. For each locality the range of variation is shown by a heavy horizontal line; the mean (M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean ($2\sigma M$) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) either side of M. σ indicates dispersion; $2\sigma M$, reliability.

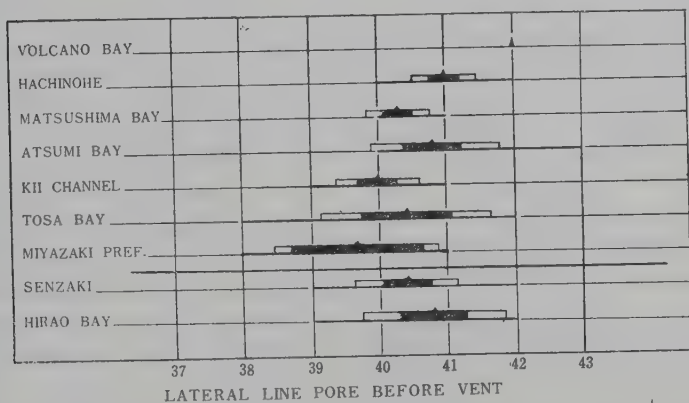


Fig. 48. Showing the variation in number of lateral line pores before vent of *C. myriaster* obtained from each of nine localities. For each locality the range of variation is shown by a heavy horizontal line; the mean (M), by a small, narrow triangle. The blackened part of each bar comprises two standard errors of the mean ($2\sigma M$) on the either side of M. One-half of each black bar plus the white bar at either end outline one standard deviation (σ) either side of M. σ indicates dispersion; $2\sigma M$, reliability.

脊椎骨数の平均値は瀬美湾産がもっとも大きく、ついで土佐湾産である。この2者を除くと噴火湾産がもっとも大きく、宮崎沿岸産がもっとも小さく、宮崎沿岸産は松島湾産以北のものと有意差を示し、南に偏するほど脊椎骨数は少なくなる地理的傾向を認めることができる。しかし瀬美湾産と土佐湾産の標本値によって全体的なずれの傾向がくずされている。

Table 134. Showing the reliability of mean value of certain meristic characters and comparison of mean value of that characters between the specimens of each of nine fishing grounds in *C. myriactes*. Abbreviations for localities, see Fig. 42. >, apparent difference; >>, significant difference.

Vertebrae										Lateral line pores									
Items	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI	Items	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI
Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI	Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI
FU	0.67	>	>	>	>	>	>	>	>	FU	1.96	>	>	>	>	>	>	>	>
HA		0.59	>	>	>	>	>	>	>	HA		2.73	>	>	>	>	>	>	>
MA			2.68	>	>	>	>	>	>	MA			0.52	>	>	>	>	>	>
AT				1.67	>	>	>	>	>	AT				2.27	>	>	>	>	>
KI					0.21	1.37	>	>	>	KI					2.70	1.93	>	>	>
TO						0.56	>	>	>	TO						4.64	>	>	>
MI							5.13	>	>	MI							2.14	>	>
SE								0.35	>	SE								0.16	>
HI									0.36	HI									0.16
Items	Abdominal vertebrae									Items	Lateral line pores before vent								
Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI	Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI
FU	0.05	>	>	>	>	>	>	>	>	FU	1.61	>	>	>	>	>	>	>	>
HA		0.31	>	>	>	>	>	>	>	HA		2.73	>	>	>	>	>	>	>
MA			3.11	>	>	>	>	>	>	MA			0.14	>	>	>	>	>	>
AT				2.20	>	>	>	>	>	AT				1.55	>	>	>	>	>
KI					3.40	1.02	>	>	>	KI					0.28	1.59	>	>	>
TO						0.56	>	>	>	TO						0.44	>	>	>
MI							0.74	>	>	MI							0.39	>	>
SE								0.06	>	SE								0.12	>
HI									0.00	HI									0.12
Items	Vertebrae before vent									Items	Dorsal fin rays								
Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI	Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI
FU	0.71	>	>	>	>	>	>	>	>	FU	0.46	>	>	>	>	>	>	>	>
HA		1.08	>	>	>	>	>	>	>	HA		3.32	>	>	>	>	>	>	>
MA			2.77	>	>	>	>	>	>	MA			3.34	>	>	>	>	>	>
AT				1.60	>	>	>	>	>	AT				0.59	>	>	>	>	>
KI					0.47	0.60	>	>	>	KI					0.21	5.82	>	>	>
TO						0.65	>	>	>	TO						1.38	>	>	>
MI							0.71	>	>	MI							1.20	>	>
SE								0.70	>	SE								2.11	>
HI									0.70	HI									2.67
Items	Anal fin rays																		
Locality	FU	HA	MA	AT	KI	TO	MI	SE	HI										
FU	0.07	>	>	>	>	>	>	>	>										
HA		0.35	>	>	>	>	>	>	>										
MA			1.12	>	>	>	>	>	>										
AT				0.23	>	>	>	>	>										
KI					0.79	0.30	>	>	>										
TO						3.19	>	>	>										
MI							0.56	>	>										
SE								1.14	>										
HI									0.31										

腹椎骨の平均値は八戸湾産がもっとも大きく、渥美湾産がもっとも小さい。そして土佐湾産の変異および平均値がともに比較的大きい。また宮崎沿岸産、平生湾産および仙崎沿岸産の平均値は接近し、比較的大きい。したがって全体的にはずれの傾向がはっきりしない。

肝門までの背椎骨数の平均値は渥太湾産がもっとも大きく、宮崎沿岸産がもっとも小さい。この間、渥美

湾産のものが松島湾産に比してやや大きい値を示すが、平均値にだけから判断すると南に偏するほど小さくなる傾向が認められる。しかし隣りあった産地の間および隔地検定においてすべて有意差はなく、したがってそのずれは顕著なものではない。

側線孔数では地理的なずれがはっきりしない。しかし肝門までの側線孔数では上佐湾産が比較的大きい平均値を示すが、おおむね南に偏するほど孔数が少なくなる傾向があるようにみられる。

胸鰭条数は変異が示されず、いずれも16本で地理的差異が認められない。背鰭条数は平均値において松島湾産がもっとも大きく、ついで八戸近海産、噴火湾産の順で、宮崎沿岸産がもっとも小さい。この間、紀伊水道産の平均値が比較的大きいが、全体的なずれの傾向としては、概して南方のものほど条数が少ないようである。

臀鰭条数では平均値において八戸沿岸産がもっとも大きく、ついで噴火湾産、松島湾産の順であり、宮崎沿岸産がもっとも小さい。この間、上佐湾産の平均値が比較的大きく、松島湾産のものに近い値を示すが、全体的にみて北方のものが多い傾向があるようにみられる。

平生湾産のものについてみると、脊椎骨数では紀伊水道産と、腹椎骨数では松島湾産、肝門までの脊椎骨数は紀伊水道産に、肝門までの側線孔数は八戸近海産に、また背鰭条数および臀鰭条数とは温美湾産にそれぞれ相似する。さらに日本海側に位置する仙崎沿岸産のものは背鰭条数、臀鰭条数および肝門までの側線孔数などを除いてほぼ平生湾産に相似した値を示す。

要約および考察

3水域から得たハモの外部形態において、いずれかの産地間で地方的差異の著しい形質をえらび、係数の平均値の順位をみると、東支那海産・周防灘産・熊野灘産の順に小さくなる形質は、雌では背鰭鰭条長 (HL/DL)、頭長 (SD/HL)、眼高 (ED/EV)、背鰭の高さ (HL/DD)、および吻角 (SL/B) の5形質、雄では背鰭鰭条長 (HL/DL) の1形質である。これらのうち背鰭鰭条長は雌雄ともに東支那海産のものが他の2産地のものに比して短く、熊野灘産のものがとくに長い。背鰭の高さも同じような傾向が雌にみられる。眼型は熊野灘産のものでは丸味が強く、東支那海産は楕円形で、周防灘産のものはそれらの中間性を示す。吻角は東支那海産のものかもっとも小さく、先端は尖り、熊野灘産のものかもっとも大きく、先端は鈍い。

熊野灘産・周防灘産・東支那海産の順に係数の平均値が小さくなる傾向のはっきりした形質は雄にみられる。すなわち軀幹長 (TL/TR) と肝長 (TL/AL) の2形質である。前者は熊野灘産のものが短く、東支那海産のものが長い傾向があり、また後者でも同じような性質を示している。さらに平均値が熊野灘産・東支那海産・周防灘産の順に小さくなる形質は体高 (TL/BH) と眼径 (HL/ED) である。これらのうち体高は熊野灘産がもっとも低く、周防灘産がもっとも高く、また、眼径は熊野灘産がもっとも小さく、周防灘産が大きい傾向を示すが、いずれも周防灘産と東支那海産との間に有意な差異のないことから、軀幹長や肝長と同じような傾向があると認められる。

3水域から得たハモの体節の形質が示す変異の傾向的ずれは、多くのばあい熊野灘産・東支那海産・周防灘産の順に多くなる。すなわち脊椎骨数、肝門までの脊椎骨数および臀鰭条数では上記の傾向が認められ、熊野灘産がもっとも少なく、周防灘産のものが多い。また腹椎骨数、背鰭条数なども東支那海産と熊野灘産との間に有意差のないことから脊椎骨数や臀鰭条数と同じような傾向があるようにみられる。しかし側線孔数は脊椎骨数とは逆に東支那海産のものがもっとも多く、熊野灘産がもっとも少ない傾向を示した。

以上のように雌雄それぞれにみられる外部形態の相対比で示す形質の変異は各水域の生態的環境に起因する成長度の相違、とくに HUBBS (1940) のいう栄養の相違に関係する点を一次的に考察することができ、また体節の形質については初期発生の段階における産卵場の水温の相違に支配されると推察される。熊野灘産は黒潮の影響のもっとも強い高温水域にすむ魚群と考えられ、年中の水温環境は他の2水域に比して高い。

東支那海産は緯度的にはもっとも南に位する水域にすむ魚群であるが、採集した場所は七尾島近海の大陸沿岸水帯域であるから、主としてこの水域に生息する魚群と考えられ、したがって東支那海東部を北方する暖流が発達する5月から9月の間を除くと、黒潮系水域に比して環境水温はかなり低い。また周防灘水域は土佐湾や日向灘のように黒潮の影響を受けている水域と比較すると年中水温は低い。こうした事実はこの水域にすむ底生魚類の種組成からみても明らかである。東支那海の南部水域にすむハモの産卵期はおおよそ5月から8月であり、周防灘産のものでは後記のように8月中旬から9月中旬である。熊野灘産のものの産卵期の詳細は不明であるが、夏と考えられ、その温度環境は年中比較的高水温であって、産地別の体節的形質に現われる傾向的な特徴は HUBBS (1940) や TÄNING (1946) などの理論を裏づける。

以上のように、それぞれの水域の環境要因の特殊性にもとづく変異性が認められるが、これらの傾向としては単に3者間における順位の配置であって HUXLEY (1938) からいうような、いわゆる地理的環境における傾斜の概念で整理されるようなものではない。おおよそ本邦のように海流、地形および水深などの複雑な海洋環境に分布し、かなり移動範囲をもつてのような底生魚類では、平田ら (1957) が東支那海の南部と北部の漁場で得られた標本の間に種族の特徴がはっきりみだれなかつたように群性が錯雑し、地理的変異の本質的な傾向ははなはだつかみ難いようである。

太平洋沿岸各水域に産するマダリにおいて外部形質の変異のずれは主として海流状態に結びついて生態的環境に起因して生じ、離れた水域のものがかたがたに類似し、むしろ接近した水域のものにおいて著しい差を示すばかりでなくしばしば認められる。わずかにずれの傾向を示す形質としては、頭長 (TL/HIL), 下顎長 (HL/DL), 肛長 (TL/AL) および眼隔 (SL/IS) などは概して南に偏するほど大きくなり、また軀幹長 (TL/TR) および尾部長 (TL/TI) などは南に偏するほど短くなる傾向を認める。しかし他の多くの形質では判然としない。体節的形質でも顕著でないが、いずれも概して北方のものは多岐傾向がみられる。また、とくに HUXLEY (1938) のいう傾斜が八戸近海産と松島湾産の間で比較的に顕著で、これを境として傾向的には多くのばあい以南と以北に区別し得る。

平生湾産の多くの形質は新伊水道産のそれとそれと近似的である。しかし日本海側に位する仙崎沿岸産は平生湾産に相似する形質もあるが、頭長 (SD/HIL), 眼隔 (SL/IS) および吻高 (SL/h) などの外部形質や全脊椎骨数と腹椎骨数などの体節的形質で噴火湾産や八戸近海産のものに類似の変異を示すものがある。このように日本海沿岸産が噴火湾産や八戸近海産、すなわち北太平洋沿岸の2水域のものと外観上関連性を示すことははなはだ興味がある。これらのことは環境要因の類似の濃度と関連があり、種族的な関連の濃度を示すものではないと考えられる。

摘 要

1. 本邦の沿岸および隣接水域に産するハモおよびマダリのそれぞれについて外部形質と体節的形質の変異性を水域別に比較検討した。
2. 熊野灘産のハモは東支那海産および周防灘産のものより背鰭鰭条は長く、背鰭は高く、また眼径は大きい。
3. 体節的形質では、熊野灘産のハモが他の2水域のものより数が少ない。
4. 太平洋沿岸に分布するマダリの外部形質では、頭長、眼隔および下顎長などに傾向的なずれが認められる。すなわちこれらの形質は北に偏するほど短くなる傾向がある。
5. また体節的形質では松島湾以南にすむものが傾向的に数が少ない。

第七章 内 部 骨 格

Chapter VII. Osteology

ま え が き

日本近海に産するハエ科魚類にはハエ属 *Muraenesox* (1843) およびハエリガエ属 *Oryconger* (1867) の2属が知られ、そのうちハエ属ではハエ *M. cinereus* (FORSKÄL) と最近、片山・高井 (1954) が記載したスズハエ *M. yamaguchiensis* KATAYAMA & TAKAI を含めて2種で、ハシナガアナゴ属はハシナガエリ *O. leptognathus* BLEEKER に1種である。ハシナガエリは BLEEKER (1867) が日本近海で採集した標本によって創設し、これをハエ科に置いた。以来この属は1種で、日本近海の黒潮系水域の比較的狭い区域の深海に分布する。

さて、ハエ科魚類に属する魚類の形態、分類学的研究は古くから多数の業績があるが、日本におけるこの分野の研究では BLEEKER (1867), GÜNTHER (1870), JORDAN と SNYDER (1901), JORDAN と TANAKA と SNYDER (1913), MATSUBARA (1920), 田中 (1920), 宇井 (1929), SCHMIDT (1930), 浦原 (1936), 岡田と松原 (1938), 桧山 (1940), 松原 (1955) その他数氏の著明な研究がみられる。これらの研究は主として吻の形態、吻顎歯および鋤骨歯の形状、背鰭起部の位置、前後鼻孔の形態および位置、胸鰭および垂直鰭の発達程度、肛門位置などの外部形態にもとづいて分類している。

一方、GILL (1891), REGAN (1912), TREWAVAS (1932), BERG (1940) らは内部骨格系を重視し、これにもとづいたウナギ目魚類の分類においての研究を行い、本科魚類についても言及した。しかしこれらの業績ではいずれもハエ科に関するかぎり総括的であり、したがって日本産の2属の特徴として示された形質のなかに不適当と思われる点も含まれている。

著者はさきにハエ科魚類、とくにハエ属の2種の形態を比較し、要旨を報告したが、ウナギ目魚類の内部骨格系の形態は松原 (1956) によって指摘されているように分類や系統を究明するためきわめて重要であるので、ハシナガエリ属をも含めてハエおよびその近縁種の内部形態の特徴や分化の程度を追求した。

日本産アナゴ科魚類においては、JORDAN と SNYDER (1901) によって始めて分類学的な再検討がなされ、その後さらに SNYDER (1908), JORDAN と HUBBS (1925), 田中 (1931), 岡田と松原 (1938), 浦原 (1940), 黒沼 (1940), 松原と落合 (1951), 松原 (1955) および浅野 (1956) らによって追加または訂正された。とくに浅野 (1956) は最近にいたって外部および内部形態について徹底的な再検討を試み、黒沼 (1940) の *Coloconger* 属を除いて日本産アナゴ科魚類を2亜科10属14種4亜種に分類した。

さて、従来日本産の本科魚類の分類学において採択されている重要形質は主として外部形質であって、背鰭起部の位置、前後鼻孔の形態および位置、上唇の折返し、胸鰭の形態および位置、鰓孔の形態および位置、肛門の位置、尾部の形態、歯、側線鱗および側線孔数などである。

これらのうち、上唇の折返し (upper labial flange) の有無は REID (1934), MYERS と WADE (1941), WADE (1946) らが種々のウナギ目魚類の分類で追求し、その重要性を指摘したが、日本産のものについては松原 (1955) や浅野 (1956) が採択し、比較検討をした。また歯の形質は多くの研究者によって検討されているが、とくに JORDAN と HUBBS (1925), 岡田と松原 (1938), 松原と落合 (1951), 松原 (1955) および浅野 (1956) らが詳細な記載を行っている。側線鱗と側線孔数については、浅野 (1956) によって始めて採択されたといえる。

内部形質は日本産アナゴ科魚類の分類においてはあまりくわしき比較検討が行われていなかったが、松原 (1955) によってその重要性が指摘され、浅野 (1956) によって舌弧および鰓弧、鰓骨片、頭器骨「とくに篩骨片」、上後頭骨の有無、聴泡 (auditory bulla)、肩帯、肩胛骨系、および内臓諸器官などの諸形質が採用された。

舌弧と鰓弧の形態および構造については、BEEBE (1936~'37), GOSLINE (1951) らが他のウナギ目魚類で追求した。懸垂骨 (suspensorium) の形態と傾斜については、すでに REGAN (1912), TREWAVAS (1932), 松原 (1955) らが検討し、さらに本科魚類について浅野 (1956) が再検討を行った。

頭蓋骨については、GILL (1891), REGAN (1912), STARKS (1930), TREWAVAS (1932), BEEBE (1935~'37), GOSLINE (1950~'52) らが、とくに REGAN と TREWAVAS らは本科魚類について検討を加えた。日本産のものでは浅野 (1956) によって、これを構成する各骨について詳細な検討がなされた。肩帯 (shoulder girdle) は BEEBE (1936~'37), TREWAVAS (1932), GOSLINE (1950~'52) が他のウナギ目魚類で追求し、本科魚類では STARKS (1930) が報告したが、日本産の本科魚類では浅野 (1956) によって始めて詳細な検討がなされた。

脊椎骨および附屬骨については REGAN (1912), SCHMIDT (1925), TREWAVAS (1932) らが研究しているが、日本産のものでは浅野 (1956) の研究があるに過ぎない。

著者は浅野 (1956) とほぼ同じような目的をもって日本産アナゴ科魚類とくにマアナゴの内部形態と構造についてしらべた。しかし、アナゴ科魚類の総合研究はすでに浅野によってほとんど完了されたので、著者はこれを採択し、本文では浅野 (1956) によって指摘されていない部分、とくに分類系統学上ならびに資源学上きわめて重要と思われる 2・3 の形質について補足的な記述をするにとどめ、その他の観察結果は浅野 (1956) との比較資料に供する目的で巻末に日本産アナゴ科魚類の骨骼構造としてあげることとした。

実験の材料および方法

本研究に使ったハモ属の 2 種、ハモおよびスズハモは 1952 年 9 月までの間に、周防灘中部水域で、小型底曳網および延縄により、またハシナガアナゴは 1952 年 4 月から 1953 年 4 月までの間に愛知県蒲郡市三谷魚市場および高知市御皇瀬魚市場において、底曳網漁船でそれぞれ漁獲されたものである。これらの供試魚の数と大きさは性別にして第 135 表に掲げた。

内部形態の測定部位は雌雄による形態の相違に関する章で行った方法と全く同じである。

Table 135. Number of specimens of *Muraenesox cinereus*, *M. yamaguchiensis* and *Oxyconger leptognathus* used in the internal morphological studies.

Species	<i>M. cinereus</i>			<i>M. yamaguchiensis</i>		
Items	No. of specimens	Total length (cm)		No. of specimens	Total length (cm)	
		Range	Mean		Range	Mean
Sex unknown	27	28.10~87.00	45.28	5	94.00~116.00	107.80
Male	12	70.10~71.40	70.80	10	78.90~174.30	128.71
Female	27	66.20~132.50	84.84	—	—	—
<i>Oxyconger leptognathus</i>						
	No. of specimens	Total length (cm)				
		Range	Mean			
	20	27.20~48.20	36.35			
	22	26.90~45.55	36.18			
	—	—	—			

アナゴ科魚類の供試材料は 1951 年 7 月から 1955 年 6 月までの間に、東支那海、周防灘、渥美湾、土佐湾、豊後水道および日向灘水域などから漁獲されたものを採集した。

前記供試魚はホルマリン固定を避け、主として生のまま持ち帰り、実験室で煮沸し処理したが、やむを得ないばあいは採集地で煮沸し、のちホルマリン固定した。アナゴ科魚類のうち、オオシロアナゴ *Alloconger shiroanago major* およびヒメギンアナゴ *Rhynchocymba xenica* は上記方法での輸送に失敗したので、ホルマリン固定の標本で要点のみを観察するにとどめた。またアナゴ科の種名および分類方法は浅野 (1956) によった。

Table 136. Specimens of conger eels used in the anatomical studies. No., number of specimens.

Species	No.	Total length (cm)		Body weight (g)	
		Range	Mean value	Range	Mean value
<i>Anago anago</i>	10	46.56~56.90	51.07	226.00~485.00	339.75
<i>Alloconger anagoides</i>	1	30.20	30.20	100.00	100.00
<i>Alloconger shiroanago shiroanago</i>	10	33.10~36.80	33.43	47.00~100.00	66.30
<i>Alloconger shiroanago major</i>	10	36.20~50.20	41.54	82.00~232.00	138.20
<i>Congriscus megastomus</i>	10	28.00~39.26	33.00	28.00~99.00	52.50
<i>Conger myriaster</i>	10	37.70~76.20	56.00	84.00~1000.58	371.82
<i>Conger japonicus</i>	5	61.20~85.80	74.18	460.00~1264.00	799.20
<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i>	10	31.00~43.25	35.33	53.00~164.00	75.80
<i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>	10	25.65~47.70	33.45	21.00~213.00	60.10
<i>Rhynchocymba xenica</i>	2	25.40~25.60	25.50	17.00	17.00
<i>Rhynchoconger ectenura</i>	9	28.90~64.50	42.97	16.00~332.00	116.70
<i>Promyllanitor nezumi</i>	10	27.80~37.00	33.69	17.00~36.00	27.40
<i>Japonoconger sivicola</i>	10	39.16~49.20	45.69	73.00~209.00	132.00
<i>Congrina retroincta</i>	10	36.80~54.20	44.70	62.00~246.00	121.40
<i>Uroconger lepturus</i>	6	37.20~63.10	45.50	58.00~334.00	135.50

実験結果

A. ハモ科魚類

1. 側線

皮下を走る側線本管とその頭部枝管の概要を第49図に示した。

ハモおよびスズハモの側線はいずれもよく発達し、本管を構成する側線鱗は石灰化の程度が高く、管状をなし、その外側の中央部に小孔が開孔する。ハシナガアナゴの側線鱗はハモ属の2種のものに比較すると石灰化の程度が低く、未発達であって外側の中央部は離れ溝状を呈する。

頭上に延びた枝管は翼耳骨 (pterotic) と額骨 (frontal) においては骨格内を通過するが、ハモおよびスズハモでは額骨と翼耳骨は完全に関節し、枝管は翼耳骨の先端においていったん骨格外にでることなく額骨内を貫通し、額骨の先端部において始めて開孔する。

ハシナガアナゴは翼耳骨の先端と額骨の後側縁は完全に接合せず、枝管は両骨の接合する側縁部位でいったん骨外に見われ、額骨の中央において骨格内を貫通し前方に延びる。顎篩鋤骨板 (premaxillo-ethmo-vomerine plate) の部分において枝管はハモ属の2種では顎篩鋤骨板と鼻骨の間を通過して前方に走るが、ハシナガアナゴは顎篩鋤骨板の側面を縦走する深い溝のなかを通る。また下眼窩枝管の始部はハモ属の2種では額骨の眼窩に面する側下面に開孔し、発達した数個の骨片の連結によって形成された管が眼窩後縁にそって下方に延び上顎枝管におよぶ。

ハシナガアナゴの下眼窩枝管は額骨から開孔して分枝するのではなく、翼耳骨の先端から出た頭上枝管が再

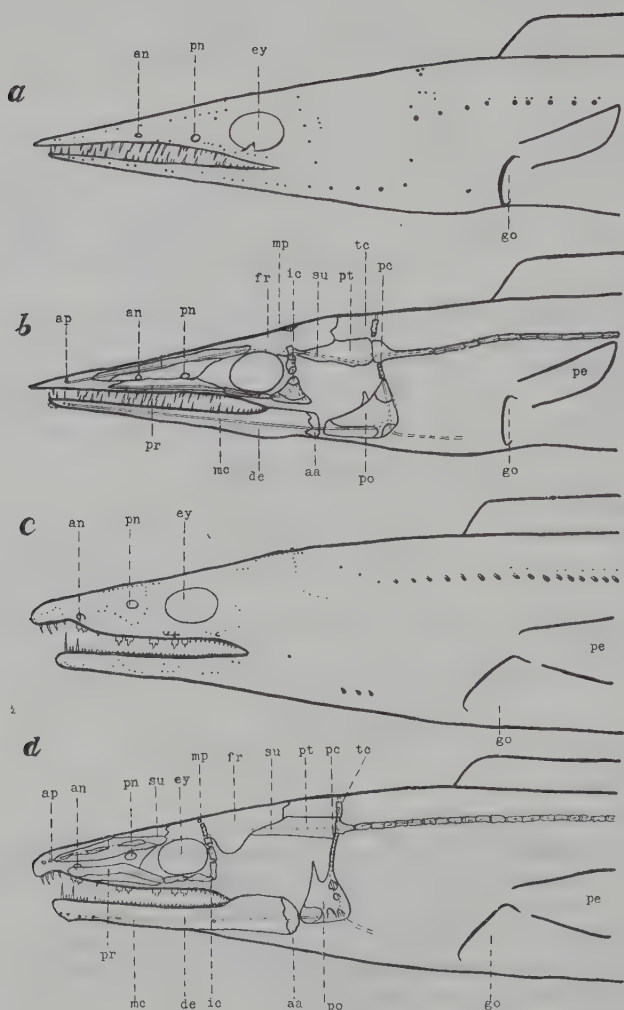


Fig. 49. Lateral aspects of the heads in *M. cinereus* (c, d) and *O. leptognathus* (a, b), showing especially the lateral line system. Canals pass through the muscle or depression in bones are shown by black lines. Pores opening to the exterior from the canal system are shown by black spots. aa, articular-angular; an, anterior nostril; ap, anterior canal of skull-roof; de, dentary; ey, eye; fr, frontal; go, gill-opening; ic, infraorbital canal; mp, middle canal of skull-roof; pc, preopercular canal; pe, pectoral fin; pn, posterior nostril; po, preopercle; pr, preorbital; pt, pterotic; su, supraorbital canal; tc, transverse postcranial canal.

び頭蓋骨(額骨)に入る位置, すなわち額骨の後部側面の溝の先端部に頭上枝管と分かれ下方に走る。鰓蓋枝管は鰓耳骨の後端, つまり側線本管の起部から分枝し鰓蓋上骨の前部, すなわち懸垂骨と関節する突出した部分の顴部の外側を通して前鰓蓋骨に入る。ハモ属の2種では前鰓蓋骨の上部後端が延びて管状となるが, ハシナガアナゴでは前鰓蓋骨の上部後端は管状にのびていない。さらに前鰓蓋骨に入った枝管は下部において分枝し, その一つは前鰓蓋骨を離れて皮下を後方に走り, 他の一つは関節骨 (articular-angular) に延びて下顎枝管となる。下顎枝管はハモ属の2種では関節骨の後端から直ちに骨格内を貫通し, さらに歯骨 (dentary) を貫いて前方に走り, その間に歯骨の側下面に多くの分枝管の小孔が開孔する。一方, ハシナガアナゴでは枝管は関節骨および歯骨の側部下面に形成されている一連の縦走する深い溝のなかを前方に走る。

2. 頭蓋骨 (cranium) およびその附属骨

ウナギ目魚類のある種の頭骨および他の骨格の形態については GILL (1891), REGAN (1912), STARKS (1930), TREWAVAS (1932), BEEBE (1935), BERG (1940), GOSLINE (1950~'52) らによって研究がなされているが, これらのうち REGAN, TREWAVAS および BERG らは本科魚類の両顎骨, 額骨, 顴節鋤骨およびその突起などに特異形質を指摘し, 深い注意を払っている。さて本科魚類における両属のもっとも顕著な相違点としては, ハモ属の2種には exoccipital brush と basioccipital brush が存在する

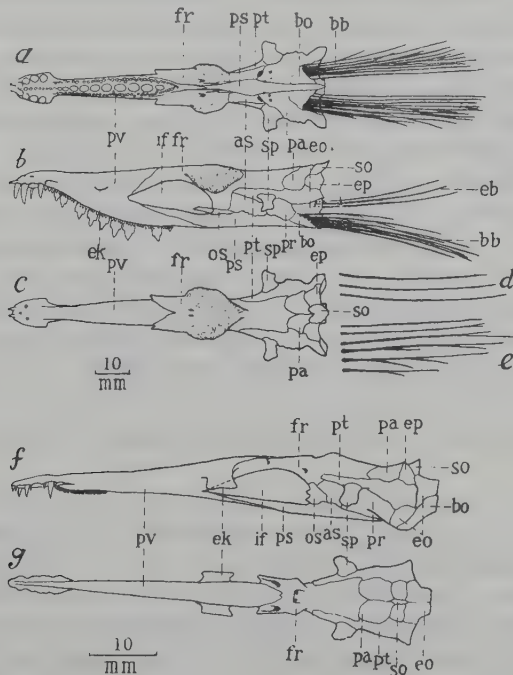


Fig. 50. Cranium of *M. cinereus* (a, b, c) and *O. leptognathus* (f, g), showing especially exoccipital brush (d) and basioccipital brush (e). a, from below; b, from side; c, from above; f, from side; g, from above. as, alisphenoid; bb, basioccipital brush; eb, exoccipital brush; ek, ethmoid process; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; if, interorbital opening; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pr, prootic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic.

が、ハシナガアナゴではこれらを欠くことである。また、頭蓋骨と附屬骨を構成する各骨片はハモ属の2種ではよく発達し、肥厚して強固であるが、ハシナガアナゴではこれらの各骨片はすべて薄く弱い。

顴節鋤骨板の形成はウナギ目魚類の特徴であって、両属ともに前顴骨、篩骨および鋤骨が1骨に癒合したものである。この骨はハモおよびスズハモでは肥厚して堅い。またこの骨の後端は両眼窩孔 (interorbital foramen) をはさみ頰骨および副顴骨 (parasphenoid) と関節するが、とくに頰骨との結合は両骨の縁辺が複雑に射出し合い、緻密な相互のくい込みによって強固な結びつきをなす。ハシナガアナゴでは頰骨との関係は後端部が頰骨を覆うように後方に延長し、その腹面に頰骨が侵入して関節する。顴節鋤骨板の先端部、つまり前顴骨に相当する部分の形態はハモ属の2種では背部は丸味をもった蕾形状をなし、その基部はかなり幅広く、またその直後の部分は顕著に頸部を形成するが、ハシナガアナゴでは第51図に示すようにこの部分は細長く、かつ薄くて決して肥厚せずしてむしろ尖る。さらに鋤骨に相当する部分はハモ属の2種では著しく発達し、特化した形態を示す。すなわち側面の形態は刃状となり、後端は眼窩の後縁まで延長し、下縁辺は隆起状に彎曲する。しかるにハシナガアナゴでは第50図に示すように下縁辺は突出し、あるいは彎曲することなく、むしろ直線状で顴節鋤骨全体が細長い形を呈する。さらにハモ属の2種の側篩突起 (lateral ethmoid process) はキール状の骨隆起で、肥厚しているが決して両側に著しく突出していない。そしてハモ属の2種間ではハモの方が比較的顕著に隆起する。ハシナガアナゴではアナゴ科の数種のものにみられるような側篩突起をそなえる。すなわち薄い板状を呈し、左右に著しく突出し、側部は大いに下方に彎曲する。さらに顴節鋤骨板の背部はハモ属の2種では円滑で適度の丸味をもつが、ハシナガアナゴでは背面と側面で直角を形成し、ために顕著な稜線を形成し、その背面の中央に深い1縦走溝がある。

顴節鋤骨板の歯は両属ともに前上顎骨歯塊 (premaxillary patch) と鋤骨歯帯 (vomarine band) とを形成する。前上顎骨歯塊を形成する歯はハモ属の2種ではともに大きい犬歯で、その数は成魚では普通7〜8本である。これらは肥厚した1尖頭歯で、先端は鋭く尖り、かつやや内方に傾いている。

鋤骨歯帯は3歯列からなり、中央列の歯は著しく大きく、その大部分は側偏した3尖頭歯である。また両側歯列の基底が壁状に突出するため中央歯列の基底面は完全にその溝底を占め、そこから3尖頭歯が両側歯帯の稜線を越えて突出する。さらに中央歯列の前部の数歯は小さく、前上顎骨歯塊の外列の犬歯に包まれたような恰好となり、これらはやや後方に傾き、先端は鋭く尖るが決して3又していない。この特徴はハモの未成魚のごく小さい個体でも顕著に認められる。ハシナガアナゴでは前上顎骨歯塊に属する犬歯は普通5〜6本で、それらの周辺にそれぞれ1〜2本の犬歯状の小歯がある。椎骨歯帯の歯は1〜2列に並び、2列のばあいでも前後両端の部分は1列になり、全体として舟形を呈するが、これらの歯はきわめて小さくて弱々しい。

頰骨 (frontal) が左右相合して1骨を形成する点では両属とも同様で、この点ではこれらは明らかにアナゴ主幹に属する。

ハモ属魚類の頰骨に見られる特殊な隆起現象については GÜNTHER (1870)、高井ら (1954) によって指摘されている通りであるが、ハシナガアナゴではハモ属魚類に現われるような成長段階による形態変化は認められない。またハモ属魚類の頰骨は全体として肥厚するが、ハシナガアナゴではきわめて薄く、その背面中央の感覚孔は非常に大きくて顕著なくぼみを形成し、さらにその前部の両側には頭部感覚管の走る溝が形成されており、背面後部の屋根状をなす部分の正中線の前部には顕著な山形の隆起がみられる。このような形態はアナゴ科魚類のうちで分化の程度の低い種にみられるもので、ハモ属との著しい相違を示すものである。

眼楔骨 (orbitosphenoid) はハモ属の2種ではその前部が突起状を呈し、眼窩に著しく突出し、上部と後部は頰骨と翼楔骨 (alisphenoid) にそれぞれ関節し、下側部の大部分は副顴骨 (parasphenoid) の内側にあって埋没するようにこれと関節する。ハシナガアナゴの眼楔骨の前縁は眼窩に著しく突出することなく、わずかに波状の起伏が認められる程度であって、周囲の骨骼に対してよく拡張し、ハモ属の2種におけると

異なり、決して副楔骨と埋没的な関節をなさない。

外後頭骨 (exoccipital) および基底後頭骨 (basioccipital) はハモ属の2種では頭蓋骨の後端で概して截形である。つまりこれらの後端は上後頭骨 (supraoccipital) の後端とほぼ同一垂線上にある。ハシナガアナゴでは基底後頭骨の後端が著しく後方に突出するので、上後頭骨の後端ははるかに前位にある。

このようにハモ属の2種とハシナガアナゴ属とは頭蓋骨後端の形態が著しく相違するばかりでなく、すでに述べたようにハモ属の2種の外後頭骨には普通3本からなる exoccipital brush が関節し、また基底後頭骨には6本の basioccipital brush が関節する。exoccipital brush は多くの個体では分枝せず背側の筋隔内に遊離して横たわり、basioccipital brush は通常最下位の1本を除いてそれぞれ先端で分枝し刷子状を呈し、腹側筋隔内に遊離侵入する。これらの刷子状の骨はハシナガアナゴにはみられない。

懸垂骨系 (suspensorium) では口蓋骨 (palatine) と翼状骨 (pterygoid) は合して1骨となり口蓋翼状骨 (palatopterygoid)* となること、接続骨 (symplectic) を欠くことおよび懸垂骨が全体として前方に傾斜することなどは両属の3種ともに同じである。

口蓋翼状骨は細長い棒状の骨片であるが、ハモ属の2種では肥厚し、その後端縁は舌顎骨 (hyomandibular) と方骨 (quadrate) の外側にそれぞれ重って堅固に関節する。一方、ハシナガアナゴではきわめて薄く、その後端縁は大部分が方骨に接し、わずかに上部が舌顎骨の下端に接する。

舌顎骨と方骨はハモ属の2種では肥厚して強固であるが、ハシナガアナゴでは薄くて弱い。頭蓋骨の主軸に対する舌顎骨と方骨の傾斜はハモ属の2種ではむしろ垂直に近いが、ハシナガアナゴでは前方に著しく傾く。

鰓蓋諸骨 (opercular bones) のうち、ハモ属の2種の主鰓蓋骨の形態についてはすでに高井ほか (1954) が示した。これら両種の主鰓蓋骨は舵形で、各部は肥厚し、前上部は突出し、顎舌骨とははなはだ強固な関節をする。ハシナガアナゴの主鰓蓋骨は丸味のある舵形で、各部は薄く、前上部は著しく長くて弱い (第52図)。

下鰓蓋骨は両属ともに鎌状の薄い骨片で、主鰓蓋骨の下縁に接着し、その前縁は副鰓蓋骨の内側に接する。ハモ属の2種ではこの骨片の幅は中央部分から後方に向かって急に細くなり後端は棘状である。しかしハシナガアナゴでは後端まで幅広く、決して棘状をなさない。前鰓蓋骨は両属ともに扁平な骨片で、内側面は比較的円滑であるが、外側面は側線枝管の通路となっているので、複雑である。また舌顎骨と方骨に対してはハモ属の2種では鉸鎖のように密に関節し、その前上端には舌顎骨の外側に接し上方にのびる突起をそなえる。この突起は舌顎骨と主鰓蓋骨の関節部の下端にまで達する。さらに後上端は鰓蓋感覚管 (側線枝管) の通路となって管状にのび、主鰓蓋骨の顎部の外側を通して翼耳骨の後端に達する。ハシナガアナゴでは舌顎骨および方骨に接する前鰓蓋骨の前縁は薄く、やや上方に舌顎骨の後縁に形成される細長いくぼみに関節する1箇の小突起がある。さらに上端部は比較的なめらかで、ハモ属の2種にみられるような突起物はない。

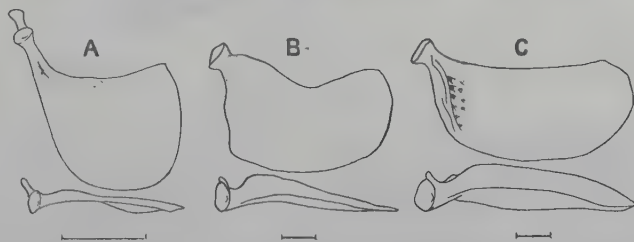


Fig. 51. Inner (upper series) and upper (lower series) aspects of opercle in *O. leptognathus* (A), *M. cinereus* (B) and *M. yamaguchiensis* (C). Total length of the fish (in cm): A, 48.0; B, 89.7; C, 107.2. Scale bars indicate 5 mm.

*すでに高井ほか (1954) が示したように palatopterygoid を本文では口蓋翼状骨と呼称することとする。

下顎骨 (lower jaw) は歯骨と関節骨で構成され、歯骨の後部はさや状を呈し、関節骨の前端が侵入している。ハモ属の2種では両骨はいずれも厚くて強いが、ハシナガアナゴでは薄くて弱い。左右の歯骨が固着する前端の接合線はハモ属の2種では直線的であるが、ハシナガアナゴでは波状をなす。またハシナガアナゴでは歯骨の前部から関節骨の後部にわたる1連の深い縦溝があり、このなかを側線の下顎枝管が走るが、ハモ属の2種では両骨に縦溝はない。すなわち側線の枝管は下顎骨のなかを縦貫し、所々に分枝孔を作っている。歯骨の歯はハモ属の2種では前部の数歯 (普通4~5本) は鋭く大きい犬歯で、顎篩鋤骨板の犬歯に相對する。これらの犬歯は歯骨の他の部分の歯より著しく大きい。また、これらの数犬歯の外側に犬歯状の小さい歯がある。歯列は未成年魚では通常3列であるが、成魚では内側列の後部が2つに分かれ、4歯列を形成する。内側歯は中央列の歯や外側列の歯より小さい。中央列の歯はもっとも大きく、前後の数歯を除くと3尖頭歯で、歯の基部は肥厚し、上部は側扁する。一方、ハシナガアナゴでは3歯列で、中央列の歯は長くて鋭いが、先端部は決して3尖頭でない。また、ハモ属の2種では内側歯列はむしろ中央歯列に近いが、ハシナガアナゴでは外側歯列の方がむしろ中央歯列に接近している。各歯列の長さはハモ属の2種では外側歯列がもっとも長く、外側歯列の前端部は歯骨の外縁に沿って彎曲し、また後端は主上顎骨と歯骨が交叉する位置の直後にまでおよぶ。ハシナガアナゴでは中央歯列がもっとも長く、その後端は内外両歯列の後端よりもはるかに後方まで延長する。さらにハシナガアナゴの内側歯列の前部3本の数歯は主軸に対して直立的に着生することなく、著しく内側方に傾く。しかしハモ属の2種では内側方へ傾いた歯はまったくない。また、各歯列の基底面の位置は両属で相違し、ハシナガアナゴでは後端の一部分を除いて基底面は内側歯列では高く、外側歯列では低いので、外側への傾斜が顕著である。とくに、内側歯の基底は他の部分よりも著しく高く、隆起した形となり、これに小歯が密生し主上顎骨の内側歯列と相對する。ハモ属の2種ではむしろ反対の傾斜をなし、基底面は外側歯列より内側歯列の方が大いに低い。そして中央歯列は鋤骨歯帯におけると同じように、両側歯列の基底面より低く、溝底から各歯が突出している。

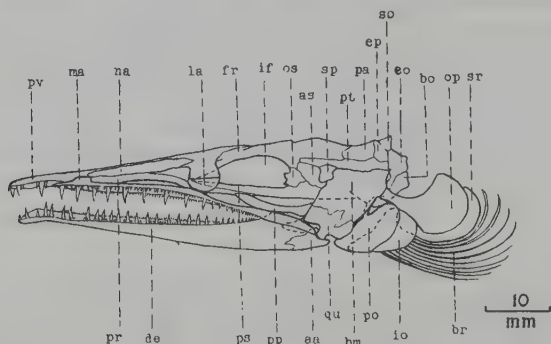


Fig. 52. Lateral aspect of head bones in *O. leptognathus*, showing especially both the upper and lower dentition of the mouth. aa, articular-angular; as, alisphenoid; bo, basioccipital; br, branchiostegal rays; de, dentary; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; hm, hyomandibular; if, interorbital opening; io, interopercle; ma, maxillary; na, nasal; op, opercle; os, orbitosphenoid; la, lacrymal; pa, parietal; po, preopercle; pp, palatopterygoid; pr, preorbital; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; qu, quadrate; so, supraoccipital; sp, sphenotic; sr, subopercle.

主上顎骨 (maxillary) はハモ属の2種ではよく発達する。とくに中央部分は肥厚し、全体とS字型に彎曲し、その腹面に歯帯が発達する。そして顎篩鋤骨板に接する前端の部分は板状で、関節面は広く強固に閉

節する。また、この関節面の位置は板状に拡張する部分の後端背側にあって、関節面は粗雑で西瓜の種子のような形をなし、やや外方に傾斜し、中央は浅いくぼみを形成する。そしてこの関節面が顎篩鋤骨板に接する位置は篩骨域で、頭蓋骨の前方から $\frac{1}{2}$ の点よりやや後方の軟骨顆突起にある。つまり鋤骨歯帯の基底の稜線よりはるか上方の部分において関節している。さらに主上顎骨の後端部は側扁し、かつ著しく内方に彎曲する。一方、ハシナガアナゴの主上顎骨は棒状の骨片で、その中央部はやや上方へ弧状に曲り、先端部は縦扁する。また、顎篩鋤骨板と関節する部分は中央よりやや後方の背側に位置し、その関節面は小さく、かつ円滑で、ハモ属の2種のようなくぼみはない。そして関節面の直後に小突起を生じ顎篩鋤骨板との関節を補強している。また後端の部分はハモ属の2種と著しく形態を異にし、深かい欠刻によって外側と内側の2葉に分れる。この両葉のあいだのくぼみに歯骨が侵入し関節する。

主上顎骨の歯列はハモ属の2種では通常3・4列で、外側と中央の両歯列は接近する。歯は中央歯列のものがもっとも大きい。内側歯列は未成年魚では通常1列であるが、成魚ではとくに主上顎のほぼ中央の膨出部に小歯が増加して2列となり、このほか附近に不規則に小歯が密生する。さらにこの歯列は中央歯列と著しく離れる。ハシナガアナゴでは3歯列をそなえ、中央と外側の両歯列が接近し、内側歯列はこれらと離れる。中央列の歯はもっとも大きい。ハモ属の2種のように密生せず、後方の一部分のものを除いて各歯間に相当の間隔がある。これらの歯は細長くて鋭い。しかし、ハモ属の2種のように先端が3又しない。歯帯の基底面はハモ属の2種では中央歯列の基底が後部の一部分を除いて溝状となるが、他の部分はほとんど平面的で、わずかに外側へ傾斜する。ハシナガアナゴでは内側歯列の基底面が著しく隆起しているので全体は外方に傾斜する。また、主上顎骨の中央の部分はハシナガアナゴでは背部が隆起し、断面は不正三角形を呈するが、ハモ属の2種では側方に張り出し、むしろ扁平である。

ハモ属の2種の耳石の形態については高井ら（1954）がくわしい報告を行った。これらの2種間では顕著な差異を示す特徴をそれぞれもっているが、共通した点はいずれも肥厚し、下縁辺は適度の丸味をもって彎曲し、円滑である。ハシナガアナゴではハモ属の2種のものと比較すると薄く、扁平で、下縁辺はやや尖る。すなわちアナゴ科の魚類で分化の程度の低い種もっている形態に似た点がある。



Fig. 53. Lateral view of the otolith from left side of cranium in *O. leptognathus* (A), *M. cinereus* (B), and *M. yamaguchiensis* (C). Total length of the fish (in cm): A, 48.0; B, 132.5; C, 174.3. Scale bars indicate 5 mm.

以上は主として頭蓋骨および附屬骨の形態について記したが、顎篩鋤骨板の前上顎骨域、鋤骨域、主上顎骨および歯帯における歯帯または歯列の長さについて、また、頭蓋骨を構成する諸骨および附屬骨の大きさについてそれぞれ生物測定学的に吟味し、両属の間の相違をみると次の通りである。

主上顎骨歯帯および歯骨歯帯における中央歯列、外側歯列および内側歯列の長さ、主上顎骨歯帯の幅、鋤骨歯帯の長さおよび幅、前上顎骨歯塊と鋤骨歯帯をあわせた部分の長さ、および顎篩鋤骨板の長さ、主上顎骨の長さおよび歯骨の長さをそれぞれ測定し、第137表の項目に示すように各形質の相対比を求め、両属の間の差異をしらべたのが第137表および第55図である。これらの表と図が示しているように、各形質の相対

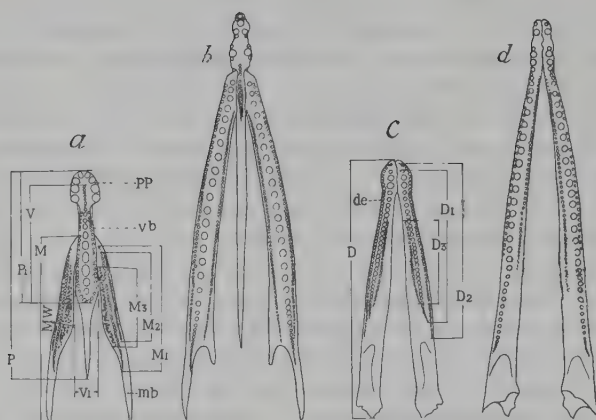


Fig. 54. Showing both the upper and lower dentition of the mouth, also method of measurement of each dentate part. a, c, *M. cinereus*; a, d, *O. leptognathus*. a, b, upper dentition; c, d, lower dentition. de, dentary; mb, maxillary band; pp, premaxillary patch; vb, vomerine band; D, length of dentary; D₁, length of median series in dentary band; D₂, length of outside series in dentary; D₃, length of inside series in dentary band; M, length of maxillary; M₁, length of median series in maxillary band; M₂, length of outside series in maxillary band; M₃, length of inside series in maxillary band; MW, width of maxillary band; p, length of dentate part of premaxillo-ethmo-vomerine plate; P₁, length of dentate part of premaxillo-ethmo-vomerine plate; V, length of vomerine band; V₁, width of vomerine band.

Table 137. Ratio of proportional measurement of various dentate parts in *M. cinereus*, *M. yamaguchiensis* and *O. leptognathus*. No., number of specimens examined; C. V., coefficient of variation. For method of measurement of each dentate part and that abbreviations, see Fig. 54.

Genus	<i>Oxyconger</i>				<i>Muraenesox</i>							
	Sp.	<i>O. leptognathus</i>			<i>M. cinereus</i>				<i>M. yamaguchiensis</i>			
Items	No.	Range	Mean	C. V.	No.	Range	Mean	C. V.	No.	Range	Mean	C. V.
V/P	18	0.10~ 0.18	0.14	14.28	26	0.50~ 0.90	0.68	11.76	13	0.69~ 0.83	0.76	5.28
V ₁ /P	18	0.02~ 0.03	0.02	18.18	25	0.70~ 0.13	0.08	25.00	13	0.07~ 0.09	0.08	6.25
MW/M	18	0.06~ 0.08	0.07	5.88	27	0.07~ 0.10	0.08	1.04	13	0.07~ 0.09	0.08	9.09
M ₁ /M	18	0.82~ 0.91	0.86	25.58	23	0.65~ 0.86	0.75	6.67	13	0.62~ 0.76	0.72	5.56
M ₂ /M	18	0.50~ 0.71	0.62	9.68	23	0.39~ 0.56	0.46	10.87	13	0.37~ 0.53	0.46	2.17
M ₃ /M	18	0.63~ 0.83	0.72	6.94	23	0.34~ 0.74	0.50	18.00	13	0.45~ 0.63	0.54	11.11
D ₁ /D	18	0.77~ 0.86	0.81	2.47	26	0.63~ 0.77	0.70	4.29	13	0.69~ 0.74	0.72	1.39
D ₂ /D	18	0.40~ 0.62	0.48	14.58	22	0.31~ 0.44	0.37	1.08	13	0.27~ 0.43	0.36	1.39
D ₃ /D	18	0.44~ 0.56	0.48	6.25	22	0.54~ 0.65	0.59	5.08	13	0.55~ 0.60	0.58	3.45

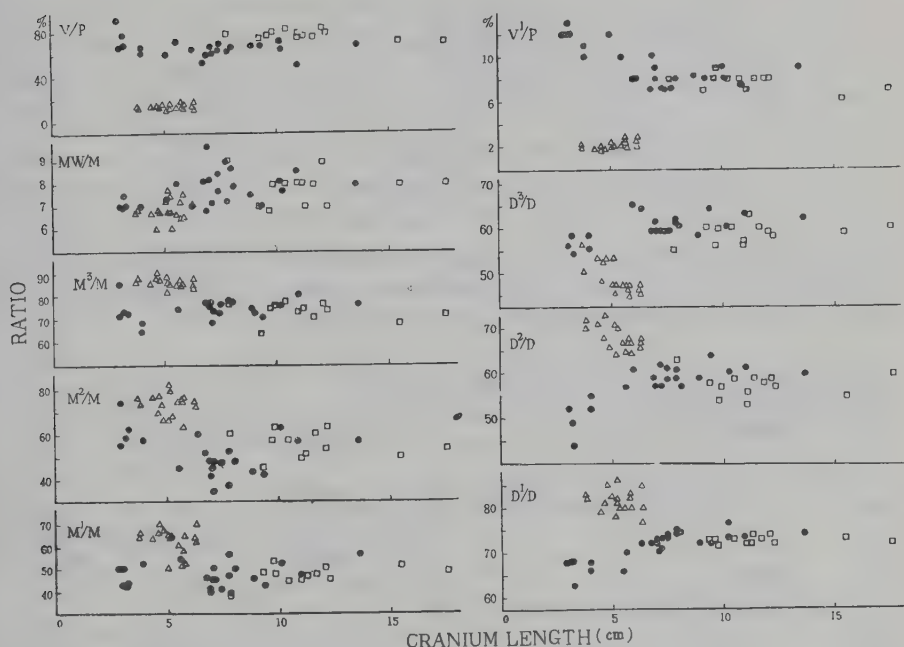


Fig. 55. Ratio of length of various dentate parts in relation to cranium length in *M. cinereus* (●), *M. yamaguchiensis* (□) and *O. leptognathus* (△). For method of measurement of each dentate part and that abbreviations, see Fig. 54.

比は主上顎骨帯の長さ (M) に対する幅 (MW) を除いて、いずれも両属の間に著しい差異がある。すなわち顎篩鋤骨板の長さ (P) に対する鋤骨歯帯の長さ (V), 歯骨の長さ (D) に対する歯骨歯帯の内側歯列の長さ (D_3), および顎篩鋤骨板の長さ (P) に対する鋤骨歯帯の幅 (V_1) のそれぞれの相対比はいずれもハシナガアナゴ属のものが小さい。また主上顎骨の長さ (M) に対する主上顎骨帯の各歯列の長さ (M_1 , M_2 , M_3), 歯骨の長さ (D) に対する歯骨歯帯の中央歯列 (D_1) および外側歯列の長さ (D_2) のそれぞれの相対比はいずれもハモ属のものが大きい。

Table 138. Ratio of proportional measurement of various parts of head skeleton in *M. cinereus*, *M. yamaguchiensis* and *O. leptognathus*. No., number of specimens examined; C. V., coefficient of variation. For method of measurement of each part of head skeleton and that abbreviations, see Fig. 13.

abbreviations, see Fig. 13.

Genus		<i>Oxyconger</i>				<i>Muraenesox</i>							
Sp.		<i>O. leptognathus</i>				<i>M. cinereus</i>				<i>M. yamaguchiensis</i>			
Items	No.	Range	Mean	C. V.	No.	Range	Mean	C. V.	No.	Range	Mean	C. V.	
TL/h	34	6.72~7.98	7.24	3.70	41	7.76~12.47	10.43	11.90	15	9.17~10.94	10.14	4.93	
h/m	35	1.26~1.57	1.46	3.42	40	1.38~1.94	1.66	5.42	13	1.60~1.85	1.70	3.53	

h / 目	33	4.63~ 5.67	5.14	4.54	40	1.15~ 1.48	1.21	5.00	13	1.15~ 1.24	1.19	2.61
h / o	35	3.69~ 5.81	4.87	8.72	40	3.11~ 5.84	4.05	12.40	15	2.75~ 3.95	3.12	11.21
h / f	35	3.66~ 5.37	4.34	7.35	63	2.25~ 2.93	2.50	6.00	15	2.23~ 2.93	2.42	6.61
h / p	35	2.10~ 3.20	2.41	8.02	41	9.26~ 12.40	10.26	7.21	12	8.59~ 10.28	9.45	5.29
h / e	33	1.47~ 1.66	1.58	6.34	66	1.63~ 2.20	1.93	5.74	15	1.85~ 2.26	2.02	5.00
h / k	35	4.34~ 5.27	4.75	5.88	40	2.18~ 3.26	2.75	8.36	13	2.43~ 3.49	2.90	8.62

頭蓋骨の長さに対する各骨格の長さまたは幅の相対比を求めると第138表および第56図である。さらに第138表の測定値から、これらの標本に属する母群の信頼度を危険率0.05で求め、これを模式的に表わして、両属の間、およびハモ属の2種の間の特徴形質を求めたのが第57図である。

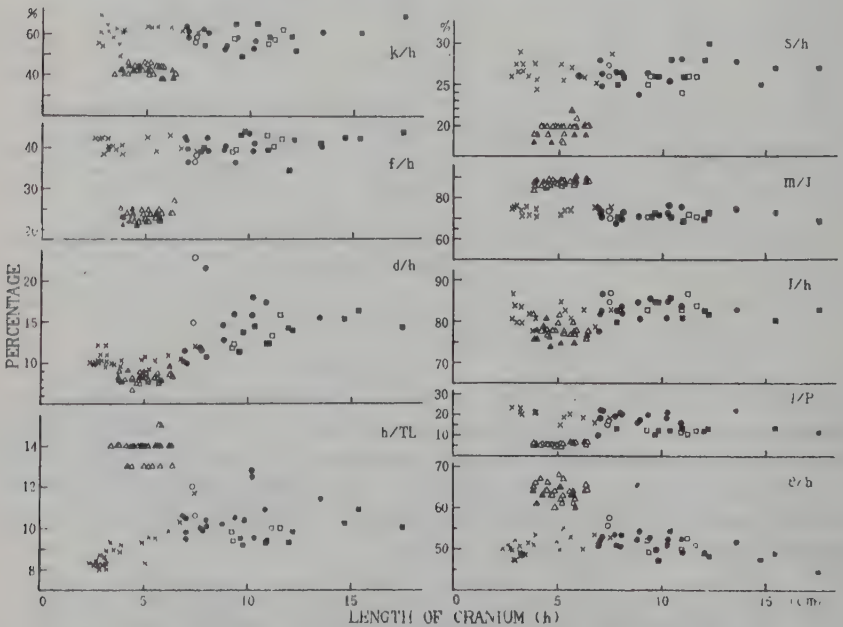


Fig. 56. Ratio of proportional measurement of various parts of head skeleton in *M. cinereus* (x, •, ○), *N. yamaguchiensis* (■, □), and *O. leptognathus* (▲, △). Showing especially ratio of cranium length into total length of fish. For method of measurement of each part of head skeleton and that abbreviations, see Fig. 13. Cross, sex unknown; black, male; white, female.

両属の間で顕著に相違する形質は頭蓋骨の長さ (h) に対する頭蓋骨の幅 (d), 顴骨の長さ (f), 舌顎骨の上端から方骨の下端までの距離 (k), および頸部肋骨の幅などである。これらの相対比はいずれもハモ属の2種のものが小さい値を示す。つまり、ハモ属の2種では頭蓋骨の長さに対して幅や高さなどを示す形質が大きく、頭蓋骨は各方向に発達しているが、ハシナガアナゴでは、とくに頭蓋骨の長さに対して幅や

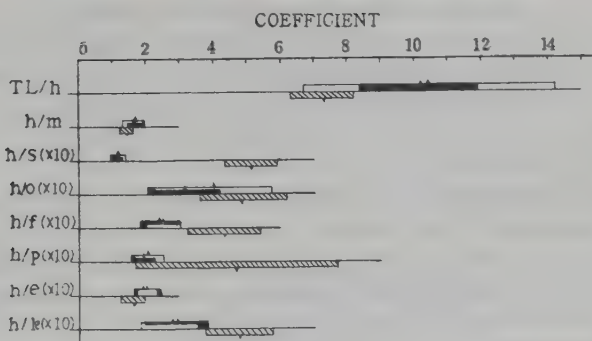


Fig. 57. Showing difference in dimensions of various skeletal elements of the cranium in three species, indicated by confidence limit (5%) and mean value. The solid area, *M. cinereus*; the hollow area, *M. yamaguchiensis*; the hatched area, *O. leptognathus*; the mean is indicated by a small triangle which projects upward or downward. For abbreviations, see Fig. 13.

高さを示す形質がいずれも小さく、頭蓋骨は全体として細長い点が顕著である。

3. 鰓弓および舌弧 (gill-arch and hyoid arch)

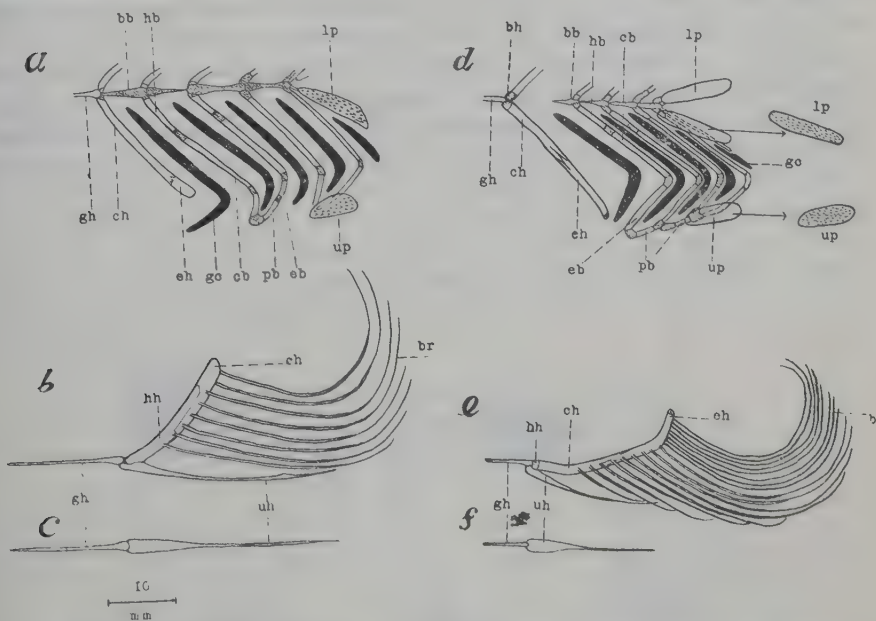


Fig. 58. Upper aspect of left gill-arch (a, d), outer aspect of left hyoid arch (b, e), and upper aspect of glossohyal and urohyal (c, f) in *O. leptognathus* (a, b, c) and *M. cinereus* (d, e, f). Cartilaginous areas are stippled. bb, basibranchial; cb, ceratobranchial; eb, epibranchial; ch, ceratohyal; gc, gill-cleft; gh, glossohyal; hb, hypobranchial; hh, hypohyal; lp, lower pharyngeal; pb, pharyngobranchial; up, upper pharyngeal; uh, urohyal.

両属の鰓弓および舌弧の形態と構造を第58図に示した。構造上から両属の間で差異の認められる点は第5下鰓骨の有無である。ハモ属の2種ではいずれもこの骨が比較的発達し、下咽頭骨を支持するが、ハシナガアナゴではこれを欠く。つまりハモ属の2種にある長形の下咽頭骨は第4下鰓骨 (fourth hypobranchial) の基部にその一部分が、その大部分が第5下鰓骨の上にあつてそれぞれ強固に支持されている。ハシナガアナゴでは下咽頭骨はまったく第4下鰓骨の上になく、また構造上からは第5下鰓骨の位置にあるが、その下には第5下鰓骨に相当する骨はない。

下咽頭骨の形態はハモ属の2種では棒状で、その両先端はやや尖るが、ハシナガアナゴでは両先端はやや丸味をおびる。下咽頭骨の歯はハモ属の2種では小さく、密生しているのに対し、ハシナガアナゴでは比較的に大きくまばらである。上咽頭骨はハモ属の2種では第3および第4鰓弓の上鰓骨 (epibranchials) がたがいに合したところの軟骨の関節部と咽鰓骨 (pharyngobranchial) の板状部の上に存在し、かつ支持されている。ハシナガアナゴでは第3および第4上鰓骨の上に支持される。

舌弧はハモ属の2種では角舌骨 (ceratohyal) の前部と上舌骨 (epihyal) の後半部は著しく上方に彎曲し弓状を呈するが、ハシナガアナゴではわずかに彎曲する程度で、むしろ棒状である。鰓条骨 (branchiostegal rays) の数はハモ属の2種では17~20、ハシナガアナゴでは8~9である。

4. 肩 帯 (shoulder girdle)

上鎖骨 (supraclavicle) はハモ属の2種では下端が完全に鎖骨 (clavicle) の上端と交叉して接するが、ハシナガアナゴでは両骨が相離れ、上鎖骨は鎖骨の上端より前位にあつて、筋肉間に遊離するばかりでなく、中央部位において後方に1突起を出す。鎖骨はハモ属の2種では弓形で、肥厚し、先端は尖る。また上鎖骨と交叉する上端の部分は棒状をなし、上鎖骨の下端の内側にあつてわずかに後方へ曲がる。また、下端部は厚く、その断面はほぼ長楕円形である。ハシナガアナゴではハモ属の2種におけるより著しく弱く、弓形で、両端は薄く、下端の前縁は截形であら。烏喙骨 (coracoid) と肩胛骨 (scapula) はいずれも半円形で、切截縁は烏喙骨では下縁、肩胛骨では後縁にあり、両骨はともに軟骨板 (cartilaginous plate) に埋れる。

ハモ属の2種の烏喙骨は拡張し、前端部は鎖骨と接するが、ハシナガアナゴではこのような拡張は認められない。軟骨板はハモ属の2種ではよく発達して厚く、上部は拡張し、その縁辺は丸味をおび、前部は上鎖

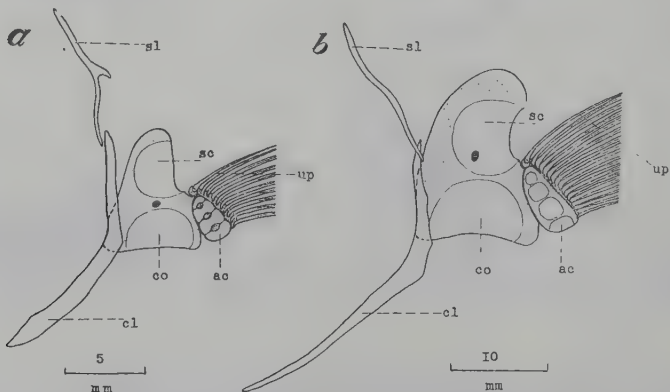


Fig. 59. Outer view of left pectoral girdle. a, *O. leptognathus*; b, *M. cinereus*, ac, actinost; cl, clavicle; co, coracoid; sc, scapula; sl, supraclavicle; up, uppermost pectoral ray.

骨と鎖骨との交叉位置から鎖骨の内側に接する。ハシナガアナゴでは、上端部は不正三角形の頂部を形成し、やや尖り、前縁の下端部だけが鎖骨の中央の彎曲した部分と接する。さらに肩胛孔 (scapula foramen) はハモ属の2種では肩胛骨にあるが、ハシナガアナゴでは肩胛骨と烏喙骨の中間の軟骨板にみられる。

射出骨 (actinosts) は烏喙骨の後縁にあって軟骨板に包まれている。両属ともに1列に並ぶ4箇の小骨片からなり、上方のものが小さい。ハモ属の2種では最下位の骨片は半円形か円形で、各骨片間に孔状部はないが、ハシナガアナゴでは最下位の骨片は鼓形の軟骨で、各骨片の間には孔状の間隙がみられる。さらに射出骨および軟骨板に関節する胸鰭条の基部はハモ属の2種では著しく鉤状であるが、ハシナガアナゴではわずかに曲がる程度である。

5. 脊 柱 (vertebral column)

脊椎骨数は第60図に示したように種間および属間に相違がある。ハモとスズハモではそれぞれ145~158と130~135で、ハシナガアナゴでは111~117である。腹椎骨数はハモでは64~69、スズハモでは52~55、ハシナガアナゴでは49~55。肛門までの脊椎骨数は全脊椎骨数と反対にハシナガアナゴが多く、48~54である。これに対しハモでは41~46、スズハモでは35~37である。つまり3種間におけるそれぞれの部分の脊椎骨数の変異は非連続で、それぞれ特徴を示す。

さらに、各椎体はハモ属の2種では肥厚しよく発達するが、ハシナガアナゴでは肥厚しない。腹椎前部の神経弓門はハモでは9~11個が椎体と癒合せず autogenous であるが、ハシナガアナゴでは4~6個が autogenous である。横突起 (transvers process) はハモ属の2種では腹椎の第1椎体から第6椎体および痕跡的に腹椎の末端の椎体と尾椎前部の4~6箇の椎体にそなわる。腹椎前部のものは肥厚し、強固で、翼状をなしほぼ水平に側方に突出する。その先端は尖り、後縁は鞍形である。ハシナガアナゴでは腹椎の第1椎体から第6椎体にみられるが、それ以後の椎体では消失する。第1椎体から第6椎体までの横突起は翼状を呈し、側方に突出するが、ハモ属の2種のものと比較すると薄く弱い。先端は尖る。

側突起 (parapophysis) は3種いずれも第1椎体から始まる。ハモ属の2種では通常第6椎体までは椎体の腹側に存在し、第1・第2椎体では山形で、その基部に肋骨が関節する。第3椎体からおよそ第6椎体までの側突起は2又し、後葉の基部に肋骨が関節する。さらにおよそ第7椎体から後方の第10~11椎体の側突起は2又せず、左右とも一葉で、それ以後つまりおよそ第12椎体から再び2又し、しだいに後葉が発達する。しかし前葉は常に後葉よりも大きい。ハシナガアナゴでは通常腹椎の第1椎体から第6椎体までの側突起は椎体の腹側にそなわり、第1・第2椎体では単葉であるが、第3椎体から第6椎体までのものは2又し、さらに第7椎体から第10椎体までのものは単葉、それ以後再び2又して前後2葉となる。これらの側突起はいずれもハモ属の2種のものと比較すると弱く、とくに第6椎体より後方にそなわるものは薄くて短く、かつ基底の幅は比較的広い。

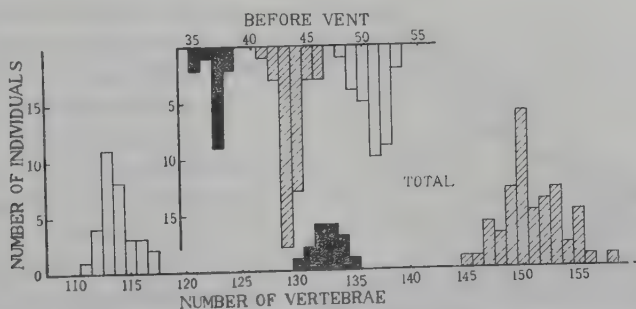


Fig. 60. Frequency distribution of the vertebral counts in three species of Muraenesocidae. Slant, *M. cinereus*; black, *M. yamaguchiensis*; white, *O. leptognathus*.

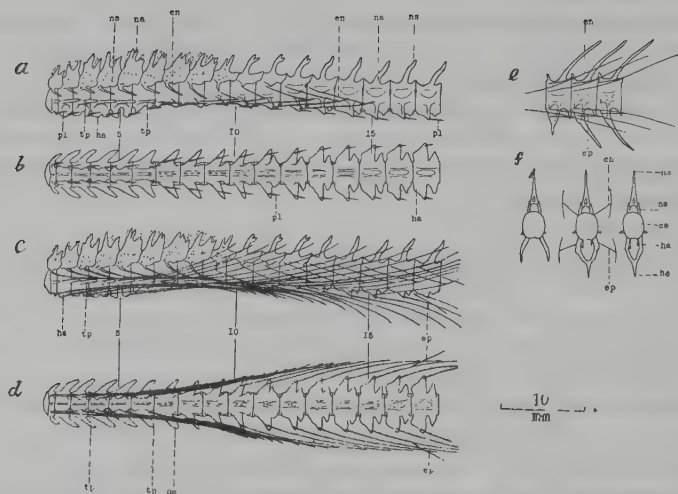


Fig. 61. The first to the 17th(a-d) and the 66th to the 68th vertebra(e,f) in *M. cinereus*, showing mainly the lateral shape of the column and sticking positions of epipleurals (the first to the 13th vertebra) and pleurals in a, shapes of the haemal arches and sticking positions of the pleurals from below in b, intermuscular bones in c, the pleurals from below in d, the 66th to the 68th vertebra from side in e, and the 66th to the 68th vertebra from front in f. ce, centrum; en, epineurals; ep, epipleurals; ha, haemal arch; hs, haemal spine; na, neural arch; ns, neural spine; pl, pleurals; tp, transverse process.

椎体の側部の形態では、ハモ属の2種の間ではスズハモがハモより複雑した形態を示し、側面の凹部に相当する部分は骨骼が網状に発達し、その間に多くのくぼみをつくる。そしてこの網状の骨骼が著しく側方に発達することによって各椎体はいずれも円筒形となる。とくにこの傾向は高年魚に著しい。ハモの椎体の側部はくぼんでいて、つづみ形をなす。スズハモのように複雑した形態を示さないが凹部には数条の不規則な隆起線があり、その間に多くのくぼみが形成されている。したがって両種の成長にとともなる形態の変化から

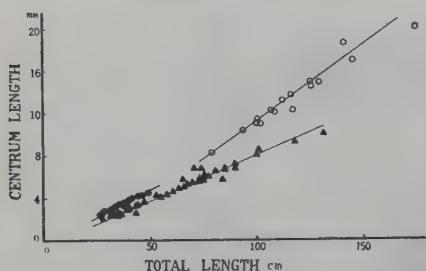


Fig. 62. Relation between the total length of body and the length of centrum in the last abdominal vertebra in *M. cinereus* (▲), *M. yamaguchiensis* (○) and *O. leptognathus* (●).

みると椎体に関する限りハモの成体の形はスズハモの幼形に近い関係がみられる。ハシナガアナゴでは側面は単調で、その中央のくぼみには縦の骨隆起線が形成され、その上下方にそれぞれ前後2条の横の骨隆起線があり、その間に浅いくぼみが形成されているにすぎない。

腹椎の末端の椎体の長さとの関係の3種間の差異についてしらべたのが第62図である。すなわち全長に対する椎体の大きさはハモよりもハシナガアナゴが大きいが、相対成長係数には著しい差が認められない。しかしハモとスズハモの間では高井ほか(1954)が報告したように成長度は前者が悪く、著しい差がある。

肉間骨 (intermuscular bones) として 3 種ともに上神経棘 (epineurals), 上肋骨 (epipleurals) および肋骨 (pleurals) をそなえる。上神経棘は 3 種ともに脊椎骨数とはほぼ同数であって筋隔内に侵入し、神経棘の側部で上後方に彎曲する。ハモ属の 2 種のうち、スズハモでは多くは第 6 椎体、ハモでは第 9 椎体までは分枝せず、神経弓の基底に固着するが、それより後方のものは尾部末端の 5~6 椎体に附属するものを除いて 2 叉する。分枝しない尾部末端部の上神経棘は体が著しく側扁している関係から肋骨と同じように数本がたがいに接近して束状となる。ハシナガアナゴでは通常第 1 椎体から第 19 椎体まで分枝せず、以後は尾部の 4~5 本を除いてその先端は 2 叉する。

肋骨 (pleurals) はハモ属の 2 種ではよく発達し、ハモでは通常第 1 から第 66 椎体まで、スズハモでは第 1 から第 52 椎体の広い範囲にみられる。ハシナガアナゴではきわめて弱く、普通およそ第 28 から第 49 椎体に存在する。

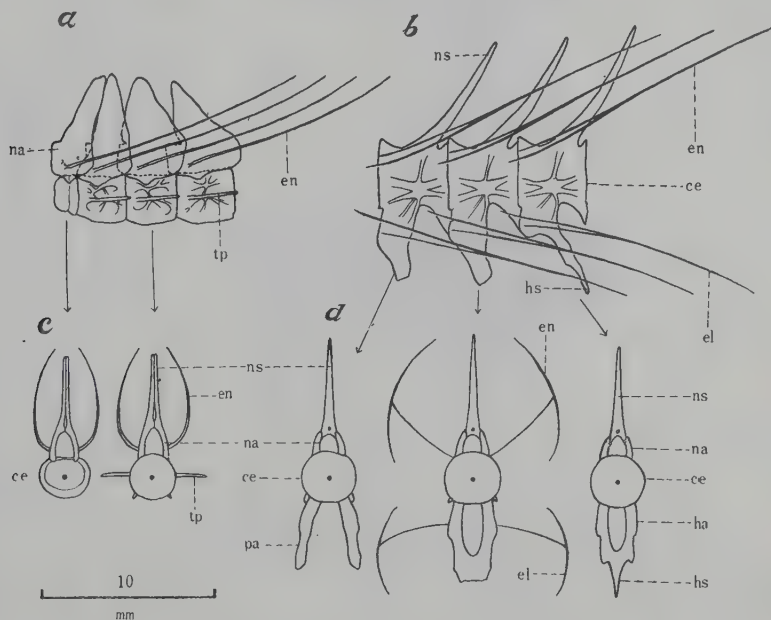


Fig. 63. Vertebrae of *O. leptognathus*. a, lateral aspect of the first four vertebrae; b, same of the 52nd to the 54th vertebrae; c, front view of the first and the second vertebrae; d, same of the 52nd to the 54th vertebrae, but the epipleural and epineural of the 52nd and the 54th vertebrae are omitted. ce, centrum; el, epipleural; en, epineural; ha, haemal arch; hs, haemal spine; na, neural arch; ns, neural spine; pa, parapophysis; tp, transverse process.

第 1 血管棘の位置、つまり尾椎始部と肛門の脊椎骨上の位置の関係は、ハシナガアナゴでは接近し、通常第 1 血管棘を形成する椎体の直前の椎体下に肛門が開孔する。これに対しハモ属の 2 種では著しく離れる。

以上の結果にもとづき、肉間骨の存在する範囲、各部位における肉間骨の長さ、分枝した骨片と無分枝の骨片の附着範囲、および第 1 血管棘と肛門の両者の脊椎骨上の位置などを模式図で示すと第 65 図となる。

尾椎骨末端の数個の椎体とその附属骨の形態を第 64 図に示した。すなわち脊椎末端部における神経棘はハモ属の 2 種では特化し板状となるが、ハシナガアナゴでは尾椎末端骨 (terminal vertebra) の直前の椎体

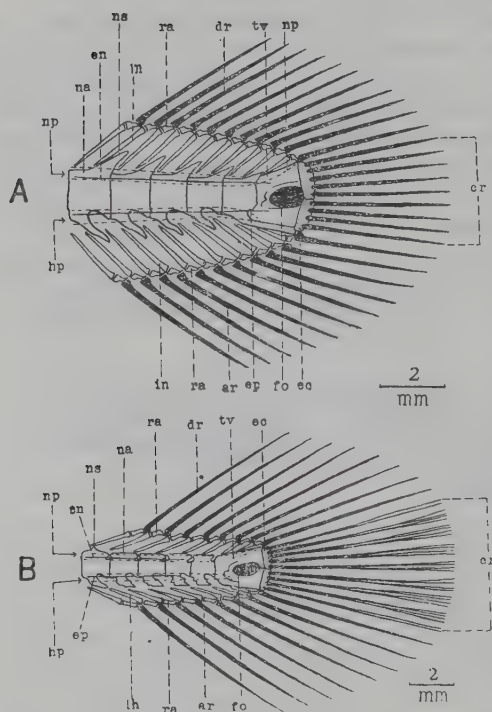


Fig. 64. Last five vertebrae, and their associated vertical fin ray and pterygiophores in *O. leptognathus* (A) and *M. cinereus* (B). ar, anal fin ray; cr, caudal fin ray; dr, dorsal fin ray; ec, cartilage; en, last epineural; ep, last epineural; fo, foramen; ha, haemal arch; hp, haemal passage; in, interneural spine; ih, interhaemal spine; na, neural arch; ns, neural spine; np, neural passage; tv, terminal vertebra. Cartilage stippled.

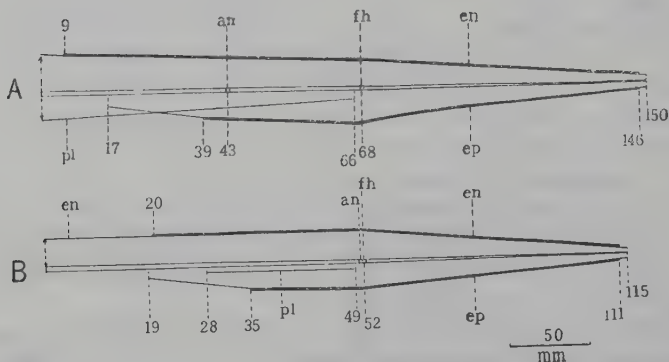


Fig. 65. Insertion and length of the intermuscular bones in relation to vertebral sequence, and position of anus and the first centrum in caudal vertebrae in *M. cinereus* (A) and *O. leptognathus* (B). Roman numerals represent the number of centrum; the thickened line shows the sticking part of forked bones; the thin line shows the sticking part of no forked bones; vertical distance from upper and lower lines to central line shows the length of intermuscular bones in each part of vertebral column. an, position of anus on vertebra, en, epineural; ep, epineural; fh, first caudal vertebra; pl, pleural.

まで発達し、先端は尖る。また血管棘はハモ属の2種では肥厚し、特化して短く複雑な形をなす。ハシナガアナゴでは比較的長く、末端の2つの椎体のものを除いて先端は尖る。

尾部末端骨はいずれも側扁し、その中央に孔をもつ。この孔はハシナガアナゴの方が比較的大さい。上下2葉になった末端骨の後縁には軟骨板が接合し、これに9本の尾鰭軟条が附着する。そしてハモ属の尾鰭軟条は分枝するが、ハシナガアナゴでは各軟条は肥厚し、分枝しない。

6. 内部の特徴にもとづいた検索

以上各項で述べた諸形質のうち、既往の骨格学的研究で指摘されている重要な形質と本研究で新たに特徴としてあげられた形質によって、日本産ハモ科魚類の属および種の検索を次のように作成した。

口蓋骨と翼状骨は癒合して口蓋翼状骨を形成する。左右の顎骨は全く合し、さらに前顎骨、鋤骨および篩骨は3者癒合して顎篩鋤骨となる。尾部脊椎には側突起はない。主上顎骨は吻端から離れた顎篩鋤骨板の側部に関節する。歯骨、主上顎骨、下顎骨、顎篩鋤骨板および上下咽頭骨に歯がある。両顎は著しく突出する。

A. basioccipital brush と exoccipital brush がある。鋤骨歯帯はとくに発達し、その中央列の歯の大部分は先端が側扁した3尖頭である。鰓条骨数は17~20、胸鰭条数は16~17、眼窩楔骨は眼窩の方へ突出する。基底後頭骨の後端は後方に突出せず、上後頭骨の後端とはほぼ同一垂線上にある。関節骨と歯骨の側下面に深い溝がない。上鎖骨は決して2叉せず、その下端は鎖骨と関節する。肋骨は全腹椎によく発達し、強固。第1血管棘のある脊椎位置と肛門直上の脊椎の位置は相離れる。下咽頭骨は第4および第5下鰓骨の上にある。……………ハモ属

a. 全脊椎骨数は143~159、腹椎骨数は65~74、肛門までの脊椎骨数は41~46。椎体はつづみ形で、側面のくぼみには網状に発達した骨隆起線はない。主鰓蓋骨の前半部は多孔性であり、前縁の隆起帯は発達していない。また上縁は著しく彎曲する。成魚では顎骨の中央部における隆起が著しい。……………ハモ

b. 全脊椎骨数は127~138、腹椎骨数は51~54、肛門までの脊椎骨数は35~37。椎体は円筒形で、その側部には網状の骨隆起線が発達し、多くのくぼみがある。主鰓蓋骨の上縁部は先端部を除いて截形に近い。また前縁隆起帯は顕著に発達し、その内側には多くのくぼみがある。……………スズハモ

B. basioccipital brush および exoccipital brush を欠く。鋤骨歯帯は発達せず、小歯をそなえる。胸鰭条数は8~9。鰓条骨数は9~10。眼窩楔骨の前縁は眼窩の方へ著しく突出していない。基底後頭骨は著しく後方にのびる。関節骨と歯骨の側面には一連の深い溝がある。下咽頭骨は鰓弓の上にはない。上鎖骨は中央部位において分枝し、その下端は鎖骨の上端と関節せず、前位にあって筋肉内に遊離する。肋骨は腹椎の一部分に存在し、弱くて短く、退化的である。第1血管棘と肛門の脊柱における位置は接近する。……………ハシナガアナゴ属

全脊椎骨数は111~117、腹椎骨数は49~54、肛門までの脊椎骨数は48~53。篩骨隆起線は左右に突出し、薄い板状となり、先端は下方に彎曲する。……………ハシナガアナゴ

Table 139. Comparison of various characteristics in three species of family the Muraenesocidae.

Items	Genus	<i>Muraenesox</i>		<i>Oxyconger</i>
	Species	<i>M. cinereus</i>	<i>M. yamaguchiensis</i>	<i>O. leptognathus</i>
Skeleton		stout	mostly stout	delicate
Ethmoid process		keel like	keel like	sheet like, projecting on both sides
Vomerine band and the teeth of median row		developed, the teeth are compressed and tricuspid	developed, the teeth are compressed and tricuspid	rudimentary, and the teeth simple
Swelling of frontal bone		remarkable and cavernous	moderate	none

Front of orbitosphenoid	project	project	wave shape, not project
Hind edge of cranium	truncate	truncate	basioccipital bone projecting backwards
Basioccipital brush	present, developed	present, well developed	none
Exoccipital brush	present, developed	present, well developed	none
Caudal edge of palatopterygoid	articulated with hyo-mandibular and quadrate	articulated with hyo-mandibular and quadrate	articulated with quadrate
Lateral groove on dentary and articular bones	none	none	present
Articulated position of preorbital bone with maxillary	front of maxillary	front of maxillary	middle part of maxillary
Relation of premaxillary patch of teeth and tip of maxillary band	separated	separated	continuous
Lower pharyngeal bone	present on 4th and 5th branchial arches	present on 4th and 5th branchial arches	not present on branchial arch
Supraclevice	simple	simple	forked
Relation of clavicle and supraclavicle	articulated	articulated	not articulated
Pleural ribs	developed, longer, and stronger	developed, longer and stronger	rudimentary
Transvers process of caudal vertebrae	precent	precent	none
Centrum	not cylindrical and strong	cylindrical and strong	not cylindrical and delicate

7. 特異形質と科の特徴に関する検討

GÜNTHER (1870), 片山ら (1954) および高井ら (1954) の示した成長過程に起る顴骨の形態変化, つまり顕著な隆起現象は本科魚類の共通形質ではなく, ハモ属の2種にみられる特異形質である。

REGAN (1912) はアナゴ系主幹*に属するハモ科およびアナゴ科の魚類における共通の原型形質として, 左右の顴骨が癒合して1骨となること, 咽頭骨が長楕円形か円形で, 小歯が密生すること, 両顎は強く, 懸垂骨は垂直か, またはわずかに前方に傾斜すること, 1蓋翼状骨は薄く, 板状でよく発達すること, 神経棘が長く, 細いことなどをあげ, そして科の特徴として, 上顎骨は吻の先端からいくらか後方の篩骨域に関節すること, および尾椎に横突起のないことをあげて, アナゴ科との相違点を明らかにした。TREWAVAS (1932) もほぼ REGAN と同じような普遍形質によってハモ科の特徴を示した。さて, これらの業績と上記の日本産ハモ科魚類の内部形質を比較検討してみると, まず, 懸垂骨の傾斜の程度は, 日本産のハモ属は REGAN の所見にはば一致するが, ハシナガアナゴ属では前方への傾斜が著しく, むしろアナゴ科のものに近い点が認められる。また, 尾椎に横突起はない**ことは, ハシナガアナゴでは所見と一致するが, ハモ属

* REGAN (1912) はウナギ目魚類を, 左右の顴骨が癒合をもって相接する群と1個に癒合する群とに大別し, この相違をもって一義的なものと考え, 前者をウナギ系主幹, 後者をアナゴ系主幹とした。

**アナゴ科にも尾椎に横突起のあるものがないものがあるが, 両科の間の相違点とはならない。

の2種では尾椎の前部の数個の椎体にそれぞれ痕跡的であるが存在する。これらのほか REGAN (1912) はハモ科魚類では肋骨が強いこと、口蓋翼状骨が板状でよく発達すること、椎体とくに尾椎の構造がウナギ科のそれと似る点などをあげているが、肋骨はハモ属では強いが、ハシナガアナゴ属では弱いこと、口蓋翼状骨はハモ属では厚くむしろ棒状であること、椎体はハモ属は前記のよに特化の程度が高く、ハシナガアナゴがむしろ彼 (1912) のいうようにアナゴ科およびウナギ科と共通な原形形質をもち、ことにアナゴ科のうちに横突起のないものに相似する。したがってこれらの形質は属または種の特徴として示されるべきであろう。

さらに GILL (1891) は本科魚類の特徴形質として下咽頭歯を重要視し、長形の下咽頭歯は第4鰓弓の上に位置する点を指摘したが、日本産のハモ属では下咽頭骨は第4鰓弓の基部にその一部分があるが、大部分は長方形をなして第5下鰓骨* 上に強固に支持されている。また、ハシナガアナゴ属ではまったく第4鰓弓の上になく、鰓弓の構造からみて第5鰓弓の位置に存在するが、第5下鰓骨に相当する骨片が本種にはないので、下咽頭骨は鰓弓に支持されている。

以上のように、既往の業績にみられるハモ科の特徴のなかには属または種における特異形質が含まれている。松原 (1956) は本科魚類がアナゴ科の魚類と共通した多くの原型形質をもつことを明らかにし、そして頭節鋤骨板が著しく延長し (頭蓋骨長の $\frac{1}{2}$ よりやや長い)、主上顎骨は吻端より著しく後方の節骨域の軟骨顆突起に関節していること、前上顎域、鋤骨域および下顎縫合附近に強い犬歯があることなどの特化形質を示したが、これらの特化形質が本科の特徴をもっとも強く現わしているといえる。

8. 系統および類縁関係

ウナギ目魚類の系統および類縁関係については REGAN (1912), TREWAVAS (1932), および GOSLINE (1950~'52) らの基礎的研究があるが、とりわけ REGAN (1912) の示した分類体系については現在でも多くの学者によって支持されている。すなわち本日魚類は左右の頷骨が縫合をもって相接する群と、左右の頷骨が癒合して1骨を形成する群とに分けられ、前者をウナギ系主幹、後者をアナゴ系主幹とし、ウナギ科およびアナゴ科が本日魚類の2大主幹の出発点近くであると仮定した。

松原 (1955) は本科魚類の系統、類縁関係について、頭蓋骨とくに前上顎骨一節骨一鋤骨板と頷骨が強固であること、懸垂骨がやや前方に傾いていること、口蓋翼状骨が板状で固く、前縁は鋤骨域と副楔骨に、後縁は舌顎骨と方骨に強く関節すること、主上顎骨は強くて歯をそなえ、両端は強く他骨に関節すること、および4個の頭蓋骨はよく発達していることなど、アナゴ科と共通な原型形質をそなえているが、しかしハモ科魚類は、両顎が著しく突出した結果、頭節鋤骨板が著しく伸長し、頭蓋骨長の $\frac{1}{2}$ よりやや長く、主上顎骨は吻端より著しく後方の節骨域 (頭蓋骨の前方から $\frac{1}{2}$ の点よりやや後方) の軟骨顆突起に関節していること、前上顎域、鋤骨域および下顎縫合附近に強い犬歯があることなどの特化形質をそなえていることから、アナゴ系主幹の出発点からあまり離れていないにしても、アナゴ科魚類よりも特化の程度が高いことを指摘した。

さて、著者のハモ科およびアナゴ科の魚類の内部形態に関する観察と浅野 (1956) のアナゴ科魚類の総合的研究の結果を検討してみると、系統・類縁に関し松原 (1955) の指摘した所説の合理性が裏書きされる。すなわち、本科魚類がアナゴ科魚類と特化の程度において顕著に相違する形質は頭骨を構成する諸骨にみられる。そしてハモ科のうちではハモ属のものがハシナガアナゴ属のものより次に示すように著しく特化した形質をそなえている。すなわち、ハモ属では頭蓋骨の後端面において基底後頭骨および外後頭骨にそれぞれ関節する basioccipital brush および exoccipital brush があるが、ハシナガアナゴ属にはこのような骨はない。またハモ属では主頭蓋骨は特化の程度が高く、頷骨には特殊な隆起があり、鋤骨域、主上顎骨および歯骨の各歯帯には強く側偏した3尖頭歯が含まれ、さらに椎体とこれにそなわる神経弓門、側突起、神

* GILL (1891) はこれの下咽頭骨として取りあつかっている。下咽頭骨とこれを支える棒状の骨はアリザリン染色によると離れていることがわかる。アナゴ科でみるとある種では離れ、ある種では癒着し、また、まったくこれを缺く種類もある。

経棘および血管棘などはとくに特化した形態を示す。

したがってハシナガアナゴはハモ属より多くの原始的形質をそなえる点および頭部にのみハモ科への分化がみられる点から、ハモ属よりアナゴ主幹の出発点に一層近いことが結論づけられる。つまり頭部におけるハモ科への分化した形態を除けば、ハシナガアナゴ属は肩帯、舌弧、鰓弧、上後頭骨、上下咽頭骨、懸垂骨、脊柱および鰓条骨数などの諸形質において、まったくアナゴ主幹のクロアナゴ幹 (conger-stem) のものに近似する。しかし頸篩鋸骨板の側面に突出する篩骨突起が発達している点ではゴテンアナゴ属に近似している。このようにハシナガアナゴ属は多彩な形質を含んでいるが、いずれにせよ既述したように本属はハモ科の本幹からもっとも早く分かれたものと思われる。ハモ属内ではスズハモがハモよりも特化の程度が高いことは既述の通りである。以上の結果および浅野 (1958) のアナゴ科魚類の推定系統樹を引用してハモ科とアナゴ科の系統を示すと第66図のようである。

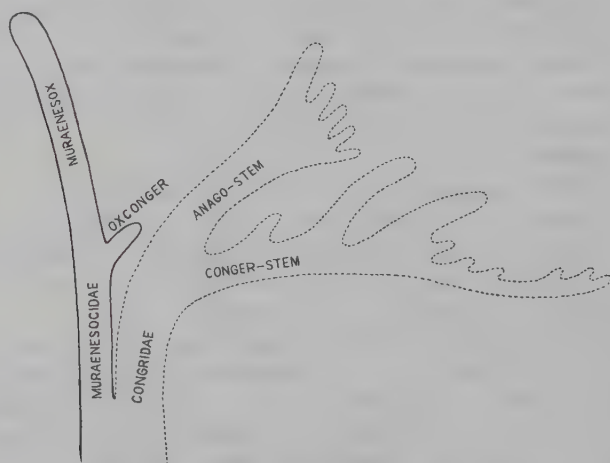


Fig. 66. Suggested phylogeny of Muraenesocidae and Congridae. Congridae stem, after ASANO (1956).

B. アナゴ科魚類

1. 眼前骨 (preorbital bone)

眼前骨は眼下骨環 (suborbital ring) の最前に位置し、眼窩側支管 (infraorbital line) の通路となっている骨である。REID (1934), MYERS と WADE (1941), WADE (1946) および浅野 (1956) は上唇の折返し (upper labial flange) の有無をきわめて重要な分類形質として指摘したが、眼前骨については記載していない。よってそれぞれの種の眼前骨の形態を示すと第67図の通りである。

この骨はそれぞれの種の特徴を示すが、アナゴ科の全種類についてみると、次の5型に属する。

第1型 (ゴテンアナゴ型) にはゴテンアナゴおよびハナアナゴの2属、すなわちゴテンアナゴ、ハナアナゴ、シロアナゴおよびオオシロアナゴによって代表される。その特徴としては上縁辺部に顕著な突出部があり、外側中央にはハナアナゴを除いて逆Y字型の隆起線が形成され、第67図A, BおよびCに示したように中央の部分に眼窩側支管の通路がある。そしてゴテンアナゴの眼前骨は他種におけるよりもっとも高度に石灰化し、強固で厚い。外側の管を形成する部分の2つの帯状部はきわめて薄く、アリザニン・レッドで着色さ

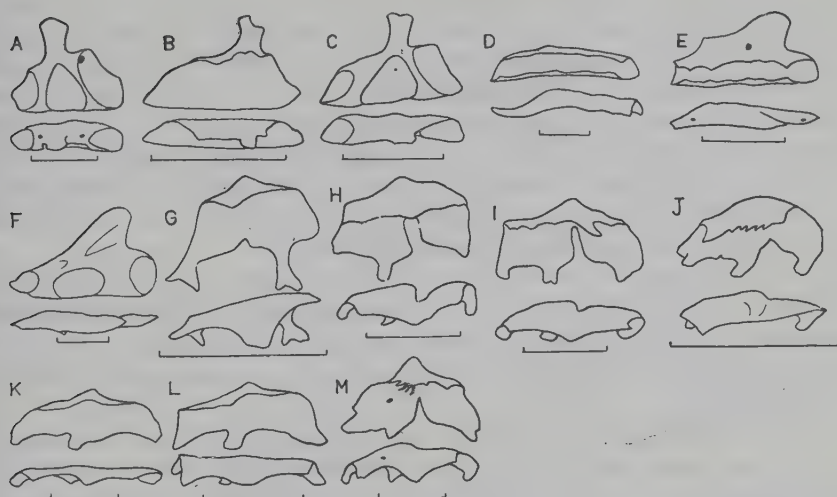


Fig. 67. Preorbital bones in Congridae. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promillantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Upper row, from side; lower row, from above. Scales indicate 5 mm.

れない。シロアナゴとオオシロアナゴはその形態においてゴテンアナゴに似るが、全体が薄くて弱く、またこの両種の外側の2条の帯状部はゴテンアナゴのそれより幅が広い。ハナアナゴでは外側で上下両縁辺を結ぶ帯状部はなく、上縁辺と下縁辺が外側に彎曲することによって中央に溝を形成する。4種のうち、もっとも分化の程度が低いと考えられる。

第2型（クロアナゴ型）はクロアナゴ属の2種、クロアナゴおよびマアナゴがこれに属する（第67図、E・F）。キリアナゴは標本がないので不明である。この型ではこの骨の外廓が不正三角形で、前部は急に細くなり、後部はきわめて広く、かつ一缺刻によって上葉と下葉を形成する。しかし下縁辺には缺刻または凹部がない。クロアナゴはマアナゴよりさらに特化した形態を示し、硬化し、強固である。そして下側部には眼窩側支管の通路があり、前後両側は溝状となり、中央にはゴテンアナゴおよびオキアナゴにみられるような大小2個の孔をそなえる。マアナゴでは下側部の眼窩側支管の通路は単に溝状をなし、クロアナゴのように管状通路を形成していない。全体の形態は全くクロアナゴに相似し、前上傾斜縁はかなり厚いが、クロアナゴより薄い。

第3型（オキアナゴ型）はオキアナゴ属、すなわちオキアナゴ1種がこれに属する。この型はウナギ科魚類のうちもっとも発達程度が低い。すなわちきわめて薄い膜状の骨で、細長い。外側には膜状の組織があり、上下両縁辺は外側に彎曲して溝を形成し、その内部が眼窩側支管の通路となっている。（第67図、D）。

第4型（ギンアナゴ型）はギンアナゴ、キツネアナゴ、アイアナゴおよびヒモアナゴの4属を含む（第67図、G—J・M）。この型の特徴は下縁辺にかなり深い缺刻があって前葉と後葉に分かれ、上縁辺に頂点とみられる部分が形成される。また、外廓はほぼ三角形である。これらのうち、同じ属に含まれるギンアナゴとニセギンアナゴ、属が異なるがキツネアナゴとアイアナゴがそれぞれよく似ている。ヒモアナゴはこれらと多少異なる。ギンアナゴでは全体が固く、下縁辺は2突起があり、さらにその先端は分枝する（第68図、

G)。上縁辺の頂点に近い前部は外側に向って彎曲している。ニセギンアナゴは放射状に2本の隆起線が下縁に向って走り、それぞれの先端は突起となる(第67図, H)。中央には顕著な一缺刻があって、前葉と後葉に分かれ、さらに前葉には下縁の両端に小突起がある。キツネアナゴ(第67図, I)とアイアナゴ(第67図, M)は頂点から下縁辺に向って3本の隆起線が顕著に形態されており、その先端は小突起となる。中央の一缺刻によって前後両葉に分かれ、前葉の下縁に2個、後葉に1個の突起が形成される。頂点に近い部分の外側に折返した部分の下縁辺はやや鋸歯状となるが、その程度は後者の方が顕著である。ヒモアナゴ(第67図, J)は上縁辺の中央部は顕著な頂点は形成されていないが、その中央部から3本の隆起線が下方に向って走り、これらは内側からみると3個の爪状の骨片が癒着したような特異な形を示す。下縁辺には一缺刻があり、前後両葉に分かれ、前葉に2個、後葉に1個の突起をそなえる。

第5型(ミナミアナゴ型)ではミナミアナゴとツマグロアナゴの2属2種がこれに含まれる(第67図, K・L)。下縁辺に2つ凹部が形成されていること、および上縁辺に頂点があり、それより3本の不顕著な隆起線が下縁に向って走り、その先端が突出する点では第4型に似ているが、下縁辺に大きな缺刻のないことと外廓が前後に長い点で第4型と違っている。ミナミアナゴとツマグロアナゴでは後者の方がいくらか特化しているようにみられる。

以上のように眼前骨は種によってそれぞれ特徴をそなえ、かつ同属のものでは一応まとまった形をしている。しかし、異属間では非常に類似した形をなすばあいと全然異なった形をなすばあいとがあるので、他の多くの形質を考慮に加えることによって、類縁系統あるいは分化の程度や方向を知る上に有意な形質として認められよう。

Table 140. Grouping of the conger eels based upon the type of the preorbital bone.

Type	Species
1	<i>Anago anago</i>
	<i>Alloconger anagoides</i>
	<i>Alloconger shiroanago shiroanago</i>
	<i>Alloconger shiroanago major</i>
2	<i>Conger japonicus</i>
	<i>Conger myriaster</i>
3	<i>Congriscus megastomus</i>
4	<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i>
	<i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>
	<i>Rhynchoconger ectenura</i>
	<i>Uroconger lepturus</i>
	<i>Promyllantor nezumi</i>
5	<i>Japonoconger sivicola</i>
	<i>Congrina retrotincta</i>

2. 咽 舌 骨 (glossohyal)

本科魚類の咽舌骨は短い棒状を呈しその先端部は遊離した舌の大部分を支え、後端部または中央よりやや後部の両側において下舌骨(hypohyal)と接し、後端で基鰓骨(basibranchial)に接続する。高木(1950)はハゼ科魚類について、この骨の分化の程度から系統を検討した。

アナゴ科魚類はこの骨の特徴から4つの型に大別される。マアナゴはそのうちの第1型に含まれる。第1型(クロアナゴ型)に属するものはゴテンアナゴ属、ハナアナゴ属、クロアナゴ属、キツネアナゴ属およびミナミアナゴ属の各種を含む(第68図, A—C・E—F・I・K)。これらはほぼ相似した形と構造をもつ

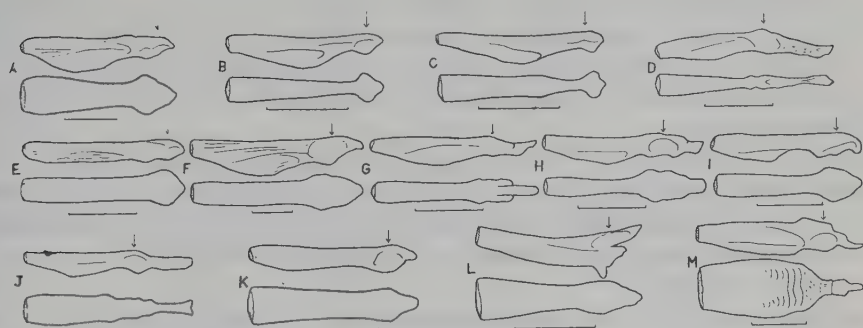


Fig. 68. Glossohyal bones in the conger eels. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promillantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Upper row, from side; lower row, from above. Scales indicate 5 mm.

ている。つまり背面は凹滑で、全体は棒状をなし、後端は両側に拡張し、その両側面に下舌骨の先端が入る関節窩がある。また下面の中央は肥厚して隆起線を形成し、中央部は側面からみると刃状に膨出している。これらのうち、ゴテンアナゴ、クロアナゴ、マアナゴがもっとも発達し、強固である。ゴテンアナゴ属、ハナアナゴ属、キツネアナゴ属およびミナミアナゴ属のものはいずれも背面の先端がやや広がっているが、クロアナゴ属のものは広がっていない。

第2型（ギンアナゴ型）はギンアナゴ属、オキアナゴ属およびヒモアナゴ属が含まれる（第68図、D・G・H・J）。この型の特徴は下舌骨の関節する部位が後端でなくやや前方に位置し、したがって基鰓骨と接する部分が後方に延長する。これらのうち、ニセギンアナゴがもっとも特化しており、下舌骨と関節する部分は多孔性質が見われ、そのやや前方の背面の中央には凹部を形成する。下面は正中線の部分が発達し、側面からみると刃状をなす。しかし背面の先端部は決して凹部を形成していない。ギンアナゴでは前者よりやや

Table 141. Grouping of the conger eels based upon the type of glossohyal bone.

Type	Species
1	<i>Anago anago</i>
	<i>Alloconger anagoides</i>
	<i>Alloconger shiroanago shiroanago</i>
	<i>Alloconger shiroanago major</i>
	<i>Conger myriaster</i>
	<i>Conger japonicus</i>
	<i>Rhynchoconger ectenura</i>
	<i>Japonoconger sivicola</i>
2	<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i>
	<i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>
	<i>Congriscus megastomus</i>
	<i>Promyllantor nezumi</i>
3	<i>Congrina retrotincta</i>
4	<i>Uroconger lepturus</i>

弱く、かつ背面の前端部に凹部がみられるが、他はきわめて円滑である。また前2者にくらべて小型であるが、外廓はよく相似し、下舌骨と関節する部分は左右にくれている。

第3型(ツマグロアナゴ型)はツマグロアナゴが含まれる(第68図, L)。下舌骨との関節部位はクロアナゴ型のばあいと相似するが、この骨の背部がやや彎入し、前端部は肥厚して拡がり、後端の下舌骨に接する部分は側扁している。

第4型(アイアナゴ型)はアイアナゴがこれに含まれる(第68図, M)。この型はアナゴ科のうちもっとも特異な形態を示す。背部は船状を呈し、肥厚して幅広く、中央部はわずかにくぼみ、多孔質となっている。また、基鰓骨の接する部分の下部が著しく後方に延びる。この構造は第2型と反対である。基鰓骨の関節する部分の下面の両側に下舌骨の前端が入る関節窩がある。下腹面の正中線は隆起する。

3. 尾 舌 骨 (urohyal)

尾舌骨はその先端で下舌骨の下部と関節し、後端で靱帯をもって左右の鎖骨間の基底部に接する。この骨は各種にそれぞれの特徴があるが、これらは4型に大別できる。マアナゴは第2型に属する。

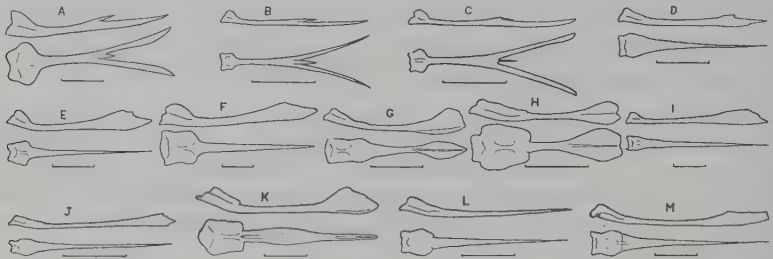


Fig. 69. Urohyal bones in the conger eels. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonocongerivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Upper row, from side; lower row, from above. Scales indicate 5 mm.

第1型(ゴテンアナゴ型)はゴテンアナゴ属とハナアナゴ属を含む(第69図, A—C)。この型の共通した特徴は後半部が広く、2叉していることである。さらにその分叉点の正中線から後方に少し延びる小突起がある。下舌骨に関節する部分は急に幅が広がっている。この膨大部はゴテンアナゴのものではなほだ大きい、ハナアナゴ属のものは比較的弱小である。

第2型(オキアナゴ型)に属するものは、オキアナゴ属、クロアナゴ属、キツネアナゴ属、ミナミアナゴ属およびアイアナゴ属である。第69図, D・F・I・K・M)。この型の特徴は背面からみると下舌骨に接する部分を除いて斜状を呈し、側面観では後方において拡張する部分があり、刃状を呈する。この関係部分、後部の拡張した部分および先端部の形は種によって多少の違いがあるが、決して中央部分および後部が側方に拡張していない点の特徴である。これらのうちミナミアナゴ属のものは中央が扁平となり、左右にやや膨出している。

第3型(ギンアナゴ型)にはギンアナゴ属のものが入る(第69図, G・H)。下舌骨に関節する部分は扁平である。他の型のものに比してこの骨は薄く、中央部は細く、後端部は上方および側方にそれぞれ拡張してほぼ舵状を呈する。これは他のものにはみられない特異な形である。ニセギンアナゴはギンアナゴよりこの骨は強固で、下舌骨に接する部分はとくによく発達し、かつ成魚では多孔質となる。また後端の舵状を呈する部分は上方および側下方に規則的に拡張する。しかし、ギンアナゴではきわめて繊弱である。

第4型（ツマグロアナゴ型）はツマグロアナゴで代表される（第69図，L）。この型の特徴は後端部は針状で尖り、決して上下や左右に拡張した部分がない。

Table 142. Grouping of the conger eels based upon the type of urohyal.

Type	Species
1	<i>Anago anago</i> <i>Alloconger anagoides</i> <i>Alloconger shiroanago shiroanago</i> <i>Alloconger shiroanago major</i>
2	<i>Congriscus megastomus</i> <i>Conger japonicus</i> <i>Conger myriaster</i> <i>Rhynchoconger ectenura</i> <i>Promillantor nezumi</i> <i>Japonoconger sivicola</i> <i>Uroconger lepturus</i>
3	<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i> <i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>
4	<i>Congrina retrotincta</i>

4. Exoccipital brush

PHILLIPS (1942) はアメリカ産マイワシ *Sardinops coerulea* について上耳骨の後端近くに附着する細長い糸状骨 (osseous brush) の存在を認め、osseous brush の上部側方にも前後両端が刷毛状に分かれた骨があって、その前端は顔頰孔の後部に接し、後部は上顔頰骨と顔頰骨との下を通して軀幹筋隔内に入る filamentiferous rod のあることを明らかにした。また高井ら (1954) はハモの頭蓋骨の後端面の基底後頭骨および外後頭骨には左右それぞれ体側筋隔内に入る細長い骨があり、これをそれぞれ basioccipital brush および exoccipital brush とした。松原 (1956) もこの骨について記載し、ハモ属がきわめて特化の程度が高いことを明らかにした。

さて、アナゴ科魚類ではこれらの骨に関する報告がない。よってこの点について比較解剖を行ったところ、ハモ属の2種にあるような basioccipital brush はないが、ゴテンアナゴ、ハナアナゴ、シロアナゴ、オオシロアナゴ、ギンアナゴ、ニセギンアナゴ、ヒメギンアナゴ、キツネアナゴ、ヒモアナゴおよびアイアナゴの各種には exoccipital brush があり、他のオキアナゴ、クロアナゴ、マアナゴ、ミナミアナゴ、ツマグロアナゴにはないことがわかった。これらのうちゴテンアナゴは各側に3本、合計して6本あり、このうち外後頭骨の上部に接するものは主幹から数本が分離して刷子状となり、下部の2本は体側筋隔内にある上方に彎曲するが、決して分枝していない（第2図版～第3図版）。

ハナアナゴ、シロアナゴおよびオオシロアナゴはいずれも1本の比較的短い exoccipital brush が大孔の下部両側の外後頭骨に関節し、軀幹前部の体側筋隔内に入る。またギンアナゴ属のもの、すなわちギンアナゴ、ニセギンアナゴおよびヒメギンアナゴには比較的長い exoccipital brush があり、左右の外後頭骨の下部内側に関節している。さらにキツネアナゴでは、外後頭骨の下部内側に上下各1本の exoccipital brush がある。そして下方のものは上方のものに比して長い。ヒモアナゴにも大孔の下部両側に近かった部位に1本の exoccipital brush がある。以上各種の exoccipital brush の形態および外後頭骨に関節する位置を示したのが第2図版A—C、第3図版G—J・Mである。他のこれを缺く種類は第2図版D—F、第3図版K・Lに示するような頭蓋骨をそなえている。

Table 143. Showing existence of exoccipital brush of the conger eels.

Species	Exoccipital brush			
	Brush like bone		Single bone	
	Right side	Left side	Right side	Left side
<i>Anago anago</i>	1	1	2	2
<i>Alloconger anagoides</i>	—	—	1	1
<i>Alloconger shiroanago shiroanago</i>	—	—	1	1
<i>Alloconger shiroanago major</i>	—	—	1	1
<i>Congriscus megastomus</i>	—	—	—	—
<i>Conger myriaster</i>	—	—	—	—
<i>Conger japonicus</i>	—	—	—	—
<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i>	—	—	1	1
<i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>	—	—	1	1
<i>Rhynchocymba xenica</i>	—	—	1	1
<i>Rhynchoconger ectenura</i>	—	—	2	2
<i>Promillantor nezumi</i>	—	—	1	1
<i>Japonoconger siviola</i>	—	—	—	—
<i>Congrina retrotincta</i>	—	—	—	—
<i>Uroconger lepturus</i>	—	—	1	1

浅野 (1956) によるとアナゴ科魚類の頭蓋骨系ではとくに上後頭の有無, 側篩突起 (lateral ethmoid process) の有無などが重要形質として採扱されているが, この骨も後述する脊椎骨系の諸形質とともに類縁, 系統あるいは分化の程度を知るためにきわめて重要なものと思われる。

5. 脊椎骨 (vertebrae)

REGAN (1912) はアナゴ科魚類では神経棘がよく発達していること, 後部腹椎骨および尾椎骨に横突起 (transverse process) があることを明らかにし, 分類学上の重要形質として認め, 近縁のハモ科との比較に用いた。また浅野 (1956) は頭部に近い数個の脊椎骨の形態, とくに側突起 (parapophysis) の主葉と副葉の形態およびその間の缺刻の状態, 肋骨の附着位置および脊椎骨数などを重要視した。著者はハモ科魚類で行ったと同じように以下の諸形質についてしらべた。

各種における第1椎体から第5椎体までの側面, 腹面の形態および第1椎体と第5椎体の前面の形態を第10図版に, 腹椎の後部3個の側面, 腹面および前面の形態を第12図版と第13図版に, 尾椎末端の数個の椎体を第14図版にそれぞれ示した。

a. 神経弓門 (neural arch) および神経棘 (neural spine)

種類によってそれぞれ特徴がある。ゴテンアナゴでは第10図版A, 第12図版A, 第14図版Aに示すような形態を示す。神経弓門は椎体に癒着し, 神経棘に通常第1椎体までの基部は板状で, 多くの小窩がある。また, 第1～第3椎体の神経棘は著しく後方に傾斜し, 第4～第11椎体まで垂直的に上方に向っているが, それより後方のものは先端が尖り, 後方に傾斜する。さらに第9～第10椎体にそなわるものは左右の神経棘の内側面がたがい一致せずずれに形を示す。尾部においても尾部末端骨 (terminal vertebrae) にいたるまでよく発達する。これらの神経棘は尾部末端骨から2～3個前位の椎体にそなわるもので2又するものがあるが, 他はいずれも1尖頭である。

ハナアナゴでは第10図版B, 第12図版B, 第14図版Bに示すような形態を示す。神経弓門はすべて椎体に癒着し, 神経棘は第1～第2椎体のものは後方に傾斜し, 第3椎体と第4椎体では直立的, 第5椎体と第6

椎体のものは前方に傾斜し、以後第12～14椎体まで再び直立的で、それより後方のものは先端が尖り、後方に傾斜する。後部の腹椎骨では第12図版Bのような形態を示す。また尾部ではしだいに後方への傾斜が強くなり、さらに基底は神経弓門の後方に移動し、突起状となり、尾部末端骨から4～5個前位の椎体から消失し、板状の神経弓門だけとなる。

シロアナゴでは第10図版C、第12図版Cおよび第14図Cに示すような形態をなす。ハナアナゴによく相似するが、これより本種の方がやや強固である。腹椎前部、通常第1～第9椎体にみられる神経棘は左右合して突起状を呈し、ほとんどが直立的に延びているが先端は尖っていない。これより後方のものは後方に傾斜し、先端は尖る。しかし尾部末端骨に近い数個の椎体では神経棘は消失し、板状の神経弓門だけが残る。

オキアナゴでは第10図版D、第12図版Dおよび第14図版Dのような形態を示す。ゴテンアナゴ属およびハナアナゴ属のものと同様、神経弓門はすべて椎体に癒着する。神経棘は第1椎体では突起状をなし、やや後方に傾斜するが、第2～5椎体では第10図版Dでみられるように先端部は左右ともに2または3叉して特異な形をなすが、第6椎体では先端は尖り、普通の神経棘となり、以後のものは後方に傾斜し、先端に針状に尖る。しかし尾部末端部にいたるとしだいに変形し、後位の5～6個の椎体では小さい突起状の神経棘とわり、その基底は神経弓門の後部に移動した形となる。

マアナゴでは第10図版E、第12図版Eおよび第14図版Eに示すような形態をなす。腹椎前部の神経弓門、通常第1～第6椎体のそれらの基底は椎体の上側部に接するが、決して癒着せず autogenous * である。また、これらの椎体の神経弓門には後述するように、神経上棘 (epineurals) が癒着している。神経棘は腹椎前部の第1～第6椎体にそなわっているものでは左右が合して薄い板状の骨となり、その先端はやや鋸歯状となる。しかし、これより後方のものは先端が尖り、普通の神経棘となる。さらに尾部末端部の数個の椎体では第14図版Eに示したように消失する。

クロアナゴでは第10図版F、第13図版Fおよび第14図版Fに示すような形態である。腹椎前部の第1～第6椎体にそなわる神経弓門はマアナゴと同じように基底が椎体に癒着していない。また、第1椎体の神経弓門の下側後部に神経上棘の基部が癒着し、突起状を呈する。神経棘はこれらの椎体上にあるものでは左右が合して厚い板状を呈し、後方に傾斜するが決して上端は鋸歯状でなく、後方に向ってやや尖る。第7椎体以後、神経棘の先端はしだいに尖り、かつ細くなり、普通の神経棘の形態を示すようになるが、尾部末端に近づくとしだいに短くなり、尾部末端の3～4個の椎体では消失する。

ギンアナゴでは第10図版G、第13図版Gおよび第14図版Gのような形態を示す。神経弓門はすべて椎体に癒着する。そこで第1椎体の神経弓門には神経棘がない。第2椎体から第10椎体まで神経棘はその上部が薄い板状を呈し、上縁辺は数個の缺刻によって鋸歯状となる。これらの神経棘は直立的である。第11椎体以後は先端が尖り、後方に傾斜する。尾椎では尾部末端骨を除いて全部の椎体に神経棘がある。尾部末端骨から前方3～4番目の椎体の神経棘は先端が2叉する。

ニセギンアナゴでは第10図版H、第13図版Hおよび第14図版Hのような形態でギンアナゴによく似る。神経弓門はすべて椎体に癒合し、かつ腹椎前部数個の椎体 (第2椎体から第10椎体まで) では基部が細く、上部がやや拡張し薄い板状を呈し、その上縁辺は不規則な鋸歯状を呈する。以後のものは先端が尖り、後方に傾斜する。本種では尾部末端骨にも神経棘がみられる。

キツネアナゴでは第10図版I、第13図版Iおよび第14図版Iに示したような形態をなす。神経弓門の基底は通常第1椎体から第7椎体まで椎体に癒着せず autogenous である。また第1椎体から第5椎体までの神経棘は左右が合して上部は板状となる。第6椎体から左右とも神経棘の先端は細くなってやや尖り、後方に傾斜するが、第17椎体附近まで左右それぞれの先端は完全に一致して接合せず靱帯によって連結され、その直

* FORD, E. (1937) によると *Anguilla anguilla* や *Conger conger* では前部の神経弓門は椎体と癒着しない。これを autogenous という。そして *Anguilla* では5個、*Conger* では16～17個の脊椎骨が autogenous であると記載している。

下の孔を脊髄神経が後方に走る。腹椎後部では第13図版Iのような形態を示し、さらに第120椎体附近からしだいに神経弓門は左右が合して蒲鉾型をなし、内部が椎孔となり、その後縁中央のやや後方にきわめて細い毛状の神経棘が後方に傾斜して出る。この1本の毛状神経棘の基底は以後しだいに神経弓門の後部に移動し、ついに後端から出る。尾部末端骨から前方5～6番目の椎体でこの毛状の神経棘は消失する。

ヒモアナゴでは第10図版J、第13図版Jおよび第14図版Jのような形態を示す。クロアナゴ属およびキツネアナゴ属のものと同じように腹椎前部の第1～第8椎体の神経弓門は椎体に癒着せず、そしてその下側部には神経棘の基部が癒着する。第1椎体から第31椎体までの神経棘は板状であるが、第11椎体までのものはその上縁辺が不規則な鋸歯状となる。そして第12椎体以後のものは山形を呈し、その間を側面からみると波状である。第32椎体から神経棘の先端は尖り、後方に傾斜する。腹椎後部における神経弓門および神経棘の形態は第13図版Jのようである。尾部末端部ではしだいに毛状となる。そして尾部末端骨から前方6～7番目までの椎体でおわり、左右の神経弓門は蒲鉾型となり、その内部を脊髄神経が尾部末端骨まで走る。

ミナミアナゴでは第10図版K、第13図版Kおよび第14図版Kのような形態を示す。神経弓門は第1椎体から第8椎体までのものは椎体に完全に癒着しない。さらに第1椎体から第8椎体までの神経棘は板状で、その上縁辺は不規則な鋸歯状となる。また、これらの神経棘は左右が相称でなく、上縁辺は左右一致していない。第9椎体から先端はしだいに尖り、普通の神経棘を形成し、腹椎後部では第13図版Kのような形態となる。尾椎の後部になるとしだいに小突起状に変形する。そして尾部末端骨から数えて前方第5椎体から第8椎体の間では消失するが、尾部末端部の4個の椎体では再び現われ、尾部末端骨の前の椎体までそなわる。

ツマガロアナゴでは第10図版L、第13図版Lおよび第14図版Lのような形態を示す。神経弓門は椎体に癒着する。第1椎体から第10椎体までの神経棘はやや棒状を呈する。とりわけ第1～第7椎体までのものは上部は板状に広がり、直立的である。腹椎後部の椎体の神経弓門と、神経棘の形態は第13図版Lに示す通りである。尾部にあつては第130椎体附近から神経棘は毛状となり、さらに第163椎体附近から消失する。

アイアナゴでは第10図版M、第13図版Mおよび第14図版Mのような形態を示す。神経弓門の基底は椎体に癒着する。神経棘は第1椎体から第16椎体まで上部は板状に広がり、とりわけ第6～第8椎体の間のもののがもっとも拡張する。第9椎体より後方のものは先端が尖り、腹椎後部では第13図版Mのように普通の形態を示す。尾椎では第160椎体附近からしだいに毛状となり、第190椎体附近から消失し、左右の神経弓門が合して蒲鉾型を呈する。

以上各種それぞれの神経弓門および神経棘について記載したが、もっとも特徴として重要なものは腹椎前部における神経弓門と椎体との相互関係および神経棘の形態である。

b. 側突起 (parapophysis)

日本産アナゴ科魚類の側突起については浅野(1956)が頭部に近い脊椎骨では十分発達せず、およそ第15～第20椎体で種類によって特徴的な多少の相違があることを報告した。著者がアナゴ科魚類のそれについて研究した結果は以下の通りである。

ゴテンアナゴでは第1椎体から第7椎体までの側突起は十分発達せず、横突起(transverse process)の直下にあつて側方に突出し、側縁辺は切截状となり、先端は鈎状で後方に向う。これらのうち、第1椎体のもののがもっとも小さい。第8椎体において横突起と合して一葉となり、以後発達した側突起となる。軸状隆起線はその後縁辺にあり、これに対して椎体前端の下側部から三角形の斜辺を形成するように翼状に張り出し、その先端は尖る。さらに第20椎体から第30椎体の間にそなわる側突起にはそれぞれ内側に内側板が形成され、主葉との間隙には多孔性の左右の側突起はしだいに側方から腹下方に向かって突出するようになり、腹面はそれによって溝部が形成される。副葉の形成をみない。

ハナアナゴでは第1椎体から第7椎体まで十分発達せず、横突起の下部にあつて側方に突出する。第8椎体から第20椎体附近までの各葉の軸状隆起線は椎体に対して後方に傾斜して突出し、したがって突出した部分の全体が後方に傾斜する。しかし、第20椎体以後では椎体の中央から出る軸状隆起線は椎体に対してはほ

直角的に側方に出ることおよび先端がいずれも尖っていることによって全体がきわめて規則的な鋸歯状となる。第60椎体以後ではしだいに變形し、腹椎末端の第81椎体では側面からみると第12図版Bに示すようにややピッケル形に變形する。副葉の形成は認められない。

シロアナゴでは第1椎体から第11椎体までは発達せず、横突起の直下にあつて側方に突出する。その外側の縁辺は切截形であるが、第3から第5椎体において横突起と合し、強固な側突起となる。ほぼ第18椎体から第57椎体の間にそなわるものがよく発達し、その先端はわずかに2又し、軸状隆起線を界として後葉の形成が認められる。しかし、これらのなかには先端部が2又せず、軸状隆起線の先端が尖り、副葉の形成が認められない側突起がある。ほぼ第57椎体以後はしだいに側方から腹方に向つて突出した形をとり、左右の側突起は腹面においてたがいに接近し、かつ變形して溝を形成する。腹椎末端部における側突起の形態は第12図版Cに示す通りである。

オキアナゴでは第1椎体から第4椎体までの側突起は発達せず、薄い板状の小突起として椎体側下部にそなわる。それらの縁辺はおおむね切截形であるが、わずかに鋸歯状を呈する。第5椎体から先端は尖り、椎体に対して水平的に側方に突出する。第5椎体からおよそ第20椎体における各葉の軸状隆起線はやや後方に傾斜しているが、それ以後およそ第40椎体まではそれぞれ椎体に対して直角的に両側に突出する。しかし以後再び後方に傾斜し、しだいに先端は延長して腹に突出し、溝を形成する。

マアナゴでは腹椎前部の第1椎体から第7椎体までの側突起は発達せず、横突起の下にあつて側方に突出する。それらの縁辺は截形をなし、やや後方に傾斜する。第8椎体では横突起と合一し、以後発達した側突起となる。第19椎体以後およそ第30椎体まで軸状隆起線が椎体に対して直角的となり、両側下方に突出する。副葉は第17椎体以後に主葉の後に主葉の後側部において発達するが、主葉に対して著しく小さい。第30椎体以後は主葉の軸状隆起線はその先端が彎曲し、しだいに變形して腹椎末端では第12図版Eに示するような形態になる。

クロアナゴでは第1椎体から第5椎体の間では発達せず、斧状の突起が椎体の側部中央からしだいに側下方に移動する。これらの側突起はマアナゴのそれに比してきわめて強固である。第6椎体において横突起と合し、発達して強固な突起となる。また、第6椎体から軸状隆起線は発達し、膨出するがその前側部もかなり厚い。第26椎体以後軸状隆起線の後側部が発達して全体は鉞先状となるが、決して先端には缺刻がない。さらに第17椎体からおよそ第54椎体までの側突起の後半部および前半部それぞれの基部には小孔のあるものが多い。副葉は退化し、ほとんど形成されていないが、第13椎体から第62椎体の間に痕跡的に残っているものがみられる。

ギンアナゴでは第1椎体から第5椎体まで薄い板状の小突起として横突起の直下にある。第6椎体から横突起と合し、発達する(第10図版G)。さらに第6椎体から主葉の後部に小さい副葉がある。また第6椎体からおよそ第25椎体までの軸状隆起線はやや後方に傾斜し、かつ先端は後方に彎曲する。しかしおよそ第26椎体以後第42椎体までは軸状隆起線は椎体の側下方に直角的に突出する。およそ第43椎体以後、その先端は著しく下方に向い、顕著な溝を形成する。

ニセギンアナゴでは第1椎体から第6椎体まで薄い板状の小突起が横突起の直下にある。それらの縁辺はほぼ切截形であるが、ギンアナゴに比してやや顕著な数個の切れ込みがある。第7椎体から横突起と合し、発達した側突起となる。第7椎体から副葉が現われる。第20椎体から第35椎体の間がもっとも発達し、かつもっとも側方に突出する。この間の主葉の軸状隆起線は椎体に対しておよそ直角に出るが、先端でやや後方に屈折する。およそ第38椎体以後、横突起の出現とともに側突起は著しく腹方に向い、顕著な溝を形成する。腹椎末端においては第13図版Hのような形となる。

キツネアナゴは第1椎体から第4椎体まで横突起の下側にあつて側方に突出する。これらは薄く幅広い突起である。第5椎体から横突起と合し、その先端は後側方に向う覆状の突起となり、第8椎体までそれらの軸状隆起線は後縁辺にある。第8椎体以後しだいに軸状隆起線の後側部が発達し、鉞状の突起となる。およ

そ第23椎体まで先端部の縁辺は数個の切れ込みによって鋸歯状を呈し、また最先端部の直後にはとくに顕著な1缺刻がある。この缺刻は以後しだいに深くなるが、およそ第26椎体から第30椎体までがもっとも深く、副葉の形成が明瞭である。以後再び鉾状となり腹椎末端では変形して第13図版Iのような形となる。

ヒモアナゴでは第1椎体から第6椎体まで小さい板状の突起で、その縁辺は第10図版Jのように切截形である。第3椎体から上側に横突起が現われる。第7椎体において横突起と合し、発達した側突起となる。さらにおよそ第7椎体から第12椎体まで軸状隆起線の先端が延びて針状となり、尖頭をもった翼状の突起となる。しかし第13椎体から先端の針状の突起がなくなり、縁辺はやや円味をもつ。副葉は第12椎体以後に形成され、腹椎の末端まで存在する。また主葉の軸状隆起線は第7椎体からおよそ第22椎体まで椎体に対してほぼ直角に出るが、以後しだいに後方に傾斜する。腹椎後部では変形して第10図版Jに示すようになる。

ミナミアナゴでは第1椎体から第7椎体まで発達せず、薄い板状の小突起で、それらの縁辺はほぼ切截形である。第8椎体で横突起と合して強固な側突起となる。副葉は第7椎体から主葉の後側に現われる。その先端は鋭く尖るが小さい。主葉の軸状隆起線は椎体の側部中央からはほぼ直角に出るが先端部はわずかに後に彎曲する。第25椎体から第30椎体までの形態は第11図版Kの通りである。

ツマグロアナゴでは第1椎体から第6椎体までは発達せず、薄い爪状の小突起で、その縁辺は切截形である。しかし数個の小さい切れ込みによってわずかに鋸歯状となる。これらのうち、第1椎体にそなわるものはとくに小さい。第7椎体から横突起と合して発達し、およそ第10椎体から副葉が現われる。主葉の先端は尖り、およそ第7椎体から第11椎体まで軸状隆起線は椎体に対して後方に傾斜するが、第12椎体以後第30椎体まではむしろ前方に傾斜し、以後再び先端は後方に彎曲し、さらに第45椎体以後はしだいに腹下方に突出し、先端は腹面において相接する形となり、溝状部を形成する。主葉と副葉との間の缺刻は第12椎体以後はきわめて深くなり特異な形となる。

アイアナゴでは第1椎体から第7椎体までは爪状の薄い小突起で、横突起の直下で側方に突出する。それらの先端部の縁辺は切截形であるが、小さい数個の切れ込みによってわずかに鋸歯状を呈する。第8椎体で横突起と合し、発達した側突起となる。およそ第18椎体までの軸状隆起線は椎体に対して斜後方に傾斜し、およそ第19椎体から第62椎体まではほぼ直角に突出する、副葉はおよそ第20椎体から現われる。それ以前の各側突起は軸状隆起線を中心としてほぼ鉾状を呈する。第76椎体以後急に腹下方に突出し、腹面において両先端は接近し、溝部を形成する。腹椎末端部の形態は第14図版Mに示す通りである。

c. 横突起 (transverse process)

REGAN (1912) は本科魚類では横突起は後部腹椎骨から尾椎骨に発達するとし、これをハモ科魚類との重要な相違点として指摘した。TREWAVAS (1932) もまたこれを採択した。よって著者は日本産アナゴ科魚類の本形質についてしらべた結果、REGAN や TREWAVAS が述べているように分類学上あるいは類縁・系統を考察する上にきわめて重要な形質であることがわかった。各種の横突起について記載すると次の通りである。新知見としては日本産のアナゴ科魚類には横突起のあるものといないものがあること、腹椎前部の数個の椎体にもオキアナゴを除いて存在することおよび尾椎後部では消失することなどである。ところで腹椎前部の数個の椎体で側突起の上方にある翼状の突起は比較的分化の程度の低いオキアナゴにはないこと、クロアナゴではよく発達すること、および椎体の構造、肋骨 (pleural rib) の構成などからこれらを横突起と認めることができる。各種別にみるとゴテンアナゴでは腹椎前部では第1椎体から第7椎体まで存在する。これらは厚くて強固である。第1椎体では椎体側部の中央よりやや上方において側方に突出するが、以後しだいに下側に移動し、第8椎体では側突起と合して消失する。またこれらの形態はいずれも軸状隆起線が突起の後縁にあって斜後方に延び、側縁辺は切截形で翼状をなし、直下の側突起より遙かに側方に突出する (第10図版A)。

そしておよそ第74椎体で再び小さい棘状の横突起が側突起の外側の上方基部に現われ、第99椎体まで存在するがいずれも退化的できわめて小さい。

ハナアナゴでは腹椎前部では第1椎体から第12椎体まで存在する。軸状隆起線は前者と同じように後縁にあって斜後方に延びるが、いずれもその先端はやや尖る。第1椎体にあるものはもっとも小さく、後方のものほど基部が拡張して発達する。さらにこれらは下側の側突起とは相離れ、その間に深い窩が形成されている。ゴテンアナゴに比して薄く微弱である。そして第13椎体から側突起と合するが、第57椎体で再び側突起の外側の基部に現われ、しだいに椎体側面の中央に移る。これらはゴテンアナゴにおけると同じようにきわめて小さい棘状の突起で退化的である。およそ第142椎体まであり、それ以後の椎体ではない。

シロアナゴでは腹椎前部において第1椎体から第11椎体まで、腹椎後部および尾椎では第59椎体から第115椎体の各椎体にみられる。

腹椎前部のものは薄い翼状の小突起で、ハナアナゴのそれによく相似する。腹椎後部では第59椎体の側突起の軸状隆起線の先端に現われ、しだいに離れて側方に突出し、第82椎体附近で椎体の側面中央に移動し、尾椎の第115椎体椎でおわる。これらはいずれも十分発達せず、むしろ退化的傾向が認められる。

オキアナゴにおいては腹椎前部、腹椎後部および尾椎のいずれにも横突起はない。

マアナゴではよく発達する。腹椎前部においては第2椎体から第7椎体に存在する。第1椎体には存在しない。第2椎体では椎体の側部中央にあるが、以後しだいに椎体の下側に移る。これらはいずれも翼状の小突起で、先端はやや尖り、斜後方に突出する。下方の側突起とは第2椎体から第5椎体までやや離れ、その間に窩があるが、第6椎体と第7椎体ではきわめて接近し、第8椎体では側突起と合一して発達した側突起を形成する。そして腹椎後部の第47椎体で側突起の外側において軸状隆起線の先端部が2つに分かれ、小突起となって再び現われ、以後しだいに発達し、かつ側突起の軸状隆起線と相離れ、およそ第52椎体では椎体側部の中央に移動し、椎体に対してほぼ直角に側すに突出する。その先端部は前方に彎曲し、かつ先端は尖る。およそ第52椎体から第80椎体の間がもっとも発達しており、以後しだいに小さくなり、およそ第107椎体で消失する。

クロアナゴでは日本産アナゴ科魚類でもっとも発達した横突起をそなえる。腹椎前部では第2椎体から第5椎体まで存在し、これらはきわめて厚く、強固な翼状の突起で先端はいずれも尖る。第6椎体で完全に下側の側突起と合し、発達した側突起を形成する。そして第42椎体でマアナゴと同じように側突起の軸状隆起線の先端部に小突起として再び現われ、しだいに側方に発達し、第50椎体では椎体側部の中央に移動し、翼状に突出する。とくに第50椎体からおよそ第80椎体までの間がもっとも発達する。これらの横突起の軸状隆起線は椎体に対してわずかに前方に傾斜している。第100椎体以後はしだいに小突起となり、第115椎体でおわる。

ギンアナゴでは比較的よく発達する。腹椎前部では第1椎体から第5椎体まで側突起の上側にあり、その先端は側突起の縁辺よりもやや側方に突出する。これらの軸状隆起線は後縁にあって斜後方に延び、その先端は尖る。第6椎体で側突起と合し、発達した側突起を形成する。第29椎体で側突起の主葉の軸状隆起線の先端が分かれた形となって再び現われ、しだいに発達し、およそ第40椎体で椎体の側部中央に移動し、翼状となり、椎体に対して直角に突出する。これらの軸状隆起線はいずれも後縁にあり、およそ第40椎体から第52椎体までの間がもっとも発達する。以後しだいに小さくなり、第82椎体附近で全くなくなる。

ニセギンアナゴではギンアナゴに相似し、比較的よく発達する。腹椎前部では翼状の小突起として第1椎体から第5椎体まで存在する。それらの軸状隆起線にあって斜後方に向って延び、その先端は尖る。第6椎体で下側の側突起と合し、発達した側突起を形成する。そして腹椎後部では第34椎体において再び側突起の軸状隆起線の先端部に小突起として現われ、以後しだいに発達して第47椎体では完全に側突起と離れて椎体の側面中央に移動し椎体に対して翼状に突出する。これらの軸状隆起線は後縁にあって延び、その先端はわずかに前方に彎曲する。およそ第47椎体から第60椎体あたりまでがもっとも発達した区間で、以後はしだいに小さくなる。これらの横突起はギンアナゴにおけるよりもいくらか微弱であって、発達程度が低いように思われる。第87椎体以後はこれを缺く。

キツネアナゴではよく発達する腹椎前部では第1椎体から第4椎体の間に形成される。薄い翼状の小突起で、その先端は尖り、軸状隆起線は後縁にあって、斜後方に延びる。第5椎体では下側の側突起と合し、発達した側突起となる。第28椎体で側突起の主葉の軸状隆起線の先端に再び小突起として現われ、以後しだいにその先端部に側下方から側方に突出し、発達した横突起となる。第39椎体で椎体側面の中央に移動し、完全に側突起と離れ、もっとも発達した横突起となる。第39椎体で椎体の中央に移動し、完全に側突起と離れ、もっとも発達した突起となる。およそ第39椎体から第52椎体の間にあるものが強固で、よく発達しており、以後のものはしだいに小さくなる。本種の特徴としては軸状隆起線の前部の基底に比較的厚くて膜状に拡がった横突起を構成する部分があり、その大部分が軸状隆起線によって形成される針状の突起となり、側方に発達し、その先端は尖る。また側方への突出状態は椎体に対してほぼ直角である。しかし尾椎の第58椎体あたりから基底部を形づくる膜状の部分はなくなり、単に針状突起となり、第71椎体まで存在する。第72椎体以後のものはこれを缺く。

ヒモアナゴでは発達せず、腹椎後部および尾椎には横突起はない。腹椎前部では第3椎体から第6椎体までごく小さい針状突起が側突起の上方にある。第7椎体で下側の側突起と合して側突起を形成する。

ミナミアナゴにおいてもヒモアナゴと同じように発達せず、腹椎後部および尾椎にはこれを缺く、腹椎前部では第2椎体から第7椎体まで薄い翼状の小突起として椎体側部の中央から下側にかけて存在する。

ツマグロアナゴでは腹椎前部にあるものはかなり発達しているが、腹椎末端部および尾椎前部にあるもの

Table 144. Showing the shapes and sticking parts of transverse process in vertebrae of the conger eels.

Species	Anto-abdominal vertebrae		Post-abdominal and caudal vertebrae	
	Sticking part of vertebrae	Shapes	Sticking part on vertebrae	Shapes of developed part
<i>Anago anago</i>	1—7	wing-like, developed	74—79	small thorn-like, tip acute
<i>Alloconger anagoides</i>	1—11	wing-like, ridge truncated	57—142	small thorn-like, tip acute
<i>Alloconger shiroanago shiroanago</i>	1—11	wing-like, ridge truncated	59—165	small thorn-like, tip acute
<i>Congriscus megastomus</i>	—	—	—	—
<i>Conger myriaster</i>	2—7	thorn-like, developed, tip acute	47—107	small canine-like, developed
<i>Conger japonicus</i>	2—5	thorn-like, tip acute, developed	42—115	canine-like, tip acute, well developed
<i>Rhynchocymba nystromi nystromi</i>	1—5	small thorn-like, tip acute	29—81	wing-like, tip acute
<i>Rhynchocymba nystromi ginanago</i>	1—5	wing-like, tip acute	38—87	wing-like, tip obtuse
<i>Rhynchoconger ectenura</i>	1—4	wing-like, tip acute	28—71	tip needle-like, well developed
<i>Promyllantor nezumi</i>	3—6	small thorn-like, tip acute	—	—
<i>Japonoconger sivicola</i>	2—7	small thorn-like, tip acute	—	—
<i>Congrina retrotincta</i>	2—6	wing-like, ridge truncated	45—65	canine-like, little developed
<i>Uroconger lepturus</i>	1—7	wing-like, tip obtuse	71—113	canine-like, little developed

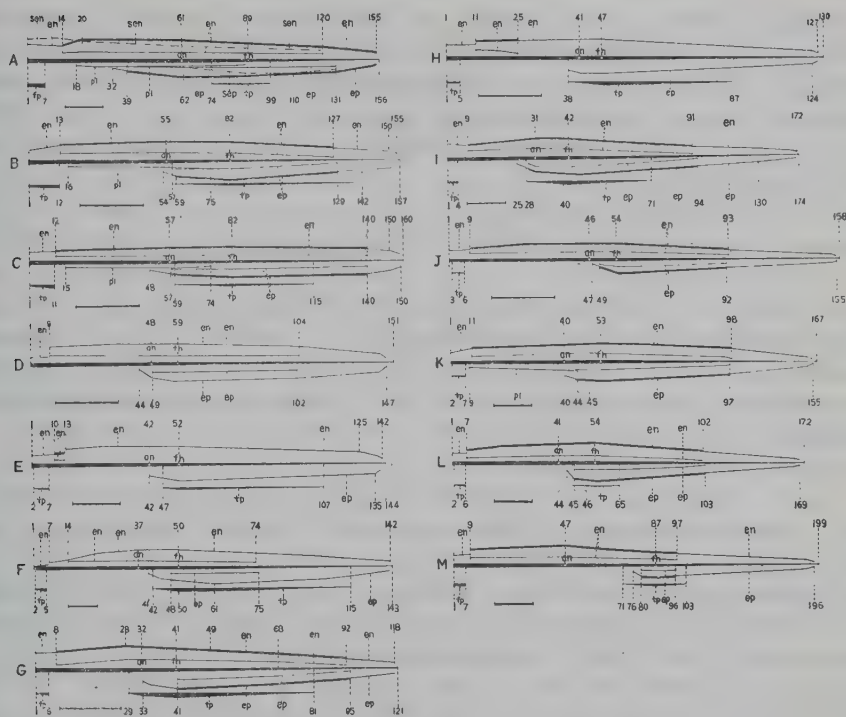


Fig. 70. Schematic illustration of intermuscular bones and vertebrae, especially sticking parts and length of each bone on vertebrae of the conger eels. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonconger sticola*; L, *Congrura retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Fine lines show parts of single bone, both thickened and fine lines show parts of forked bones, and distance from median line (vertebrae) to each line show length of bone in each position of vertebrae, in intermuscular bones. Width of line shows length of process, in transverse process. Width of line shows depth of centrum, in vertebrae. Arabic numerals show the number of the centrum. an, position of anus on vertebral column; en, epineural; ep, epileural; fh, first caudal vertebra; ien, inter epineural; iep, inter epileural; pl, pleural; sen, sub-epineural; sep, subepileural; tp, transverse process. Scales indicate 50 mm.

はあまり発達していない。すなわち、腹椎前部では第2椎体から第6椎体まで比較的厚い翼状突起となり、その後縁に軸状隆起線が発達し、斜後方に延びる。これらのうち、第2椎体から第5椎体までのものは、下側の側突起とは著しく離れる。第7椎体で側突起と合し、強固な側突起を形成する。そして第45椎体において再び側突起の軸状隆起線の外側先端部に小突起として現われ、しだいに発達して側方に突出し、第54椎体では椎体側面の中央に移動して側方に延びる。以後はしだいに小さくなり、第65椎体以後のものではなくなる。これらの軸状隆起線はそれぞれの後縁にあって腹下方に延び、かつわずかに前方に彎曲している。

アイナゴではツマグロアナゴにおけるよりややよく発達する程度である。腹椎前部では薄い翼状の小突起として第1椎体から第7椎体の間にあり、その軸状隆起線は後縁にあって、椎体に対して斜後方に延びる。

第1、第2椎体では先端は尖り、第3椎体以後のものではやや切截状で尖っていない。この点はツマグロアナゴのそれに似ている。第8椎体では側突起と合し、発達した側突起を形成する。第71椎体で側突起の主

葉の軸伏隆起線の先端部に側下方に向く小突起として再び現われ、以後はしだいに発達して、第85椎体では側突起と完全に離れ、椎体の側部中央に移動し、もっとも発達したものとなる。およそ第86椎体から第97椎体の間がもっとも発達した区間である。これらの軸伏隆起線は椎体に対してほぼ直角的に突出する。第98椎体以後はしだいに小さくなり、およそ第104椎体でなくなる。

以上の結果をまとめて表示すると第144表となり、模式図で示すと第70図となる。第70図の横突起おける線の厚さは各横突起の長さを示した。

d. 肋 骨 (pleural rib)

日本産アナゴ科魚類においては腹膜と体側筋の間を走るいわゆる肋骨があるものとなない種類とがある。ゴテンアナゴ属、ハナアナゴ属およびミナミアナゴの3つの属ではこれがあり、オキアナゴ属、クロアナゴ属、ギンアナゴ属、キツネアナゴ属、ツマグロアナゴ属およびアイアナゴ属にはこれを缺く。ゴテンアナゴでは第18椎体から第88椎体までの各側突起の先端部腹面に基部が接合し下方に延びる。ハナアナゴでは第16椎体から第75椎体の間、シロアナゴでは第15椎体から第74椎体まで、ミナミアナゴでは第9椎体から第44椎体までそれぞれ存在する。これらの肋骨は決して分枝していない。各椎体における長さおよび附着範圍を示すと第70図の通りである。

e. 肉 間 骨 (intermuscular bones)

日本産アナゴ科魚類では肉間骨として上神経骨 (epineural) と上肋骨 (epipleural) が発達し、さらに種類により上神経骨の上側筋隔内に副上神経骨 (sub-epineural)、上肋骨の下側筋隔内に副上肋骨 (sub-epipleural) がある。しかし上椎体骨 (epicentral) に相当する骨はない。

上神経骨は筋隔内にあり、神経棘の側部で上後方に彎曲する。種または属の特徴として脊椎骨前部数個の椎体では種類により神経弓門に癒着するものとしないものがあり、また腹椎前部および尾部末端部を除く中間部分では分枝して2又*するもの、また筋隔内の靱帯様の組織で連結し、骨そのものは上骨と遊離する側上神経骨 (inter epineural) が存在することである。これらの骨について次に種別に記載する。

ゴテンアナゴではよく発達し、第1椎体から尾部末端骨およびその前にある1個の椎体を除く全部の椎体に存在する。それらの基部は神経弓門に関節し、先端は体側筋隔内に延びる。およそ第1椎体から第13椎体まで1本で、第14椎体から尾部末端にいたるまで分枝し、2又している(第70図A)。さらに尾椎後端部の数個の椎体では上肋骨が接近し束状となる。さらに本種の特徴として尾椎末端の数個の椎体にそなわるものは上神経骨の後端が神経弓門の下側後部に関節し、その前部が筋隔内に遊離している。そして日本産アナゴ科魚類において本種だけにみられる特化的特徴として上神経骨の上側筋隔内にさらに遊離した1本の長い副上神経骨がある。この骨は第1椎体からおよそ第120椎体の間に存在する。腹椎前部にあるものが長く、後方になるにしたがってしだいに短くなる。腹椎後部における形態および椎体に対する位置は第12図版Aに示してある。

ハナアナゴでは第1椎体からおよそ第11椎体まで1本の上神経骨が存在し、その基部は神経弓門の下側に関節する。そして第12椎体以後およそ第126椎体あたりまで分枝し、内枝と側枝を形成する。内枝と側枝は完全に癒着する。尾部末端では重なりあって束状をなすが、尾椎末端骨を含む最後部の2〜3個の椎体にはこれを缺く。

シロアナゴでは第1椎体からおよそ第11椎体まで分枝せず1本で、その前部はやや彎曲し、基部は神経弓門の下側に関節する。第12椎体からおよそ第109椎体附近まで分枝し、内枝と側枝を形成する。ハナアナゴと同じように末端部では体側筋隔に沿って縦に横たわり重なりあって束状となる。末端2〜3個の椎体に

* このように分枝した上神経骨について、神経弓門に接する内側の骨片を内枝 (internal-branch)、さらに内枝の外側にあってこれに癒着している外側の骨を側枝 (external-branch)、また分枝した上神経骨の分枝部が離れりボン状の靱帯組成で連結されている内側の骨を側上神経骨 (inter epineural) とそれぞれよぶこととする。

はこれを缺く。

オキアナゴでは第1椎体から第8椎体まで1本の骨片で、基部は神経弓門に関節する。第9椎体から2本となり、内枝と側枝を形成するが、この両枝はクロアナゴでみられるように内枝の先端からリボン状の靱帯が伸び、側枝の中央あるいはやや前部に連結する。すなわち側上神経骨を形成する。このような上神経骨はおよそ第103椎体までそなわり、以後は1本の骨片となって体側筋隔内に横たわるが、これらの骨には神経弓門から骨片の中央部に細い紐状の靱帯組織が伸びている。

マアナゴでは発達し、多くは第1椎体から第6椎体までは神経弓門に基部が癒着し、後部はやや上方に彎曲して伸び、体側筋隔内に深く侵入する。第9椎体まで1本の骨片で、第10椎体から第12椎体の短い区間において分枝し、内枝と側枝を形成する。とくに内枝はきわめて短い。しかし第14椎体から尾部末端まで1本の骨片でなり、それらの中央部に神経弓門から伸びる紐状の靱帯組織が連絡する。

クロアナゴではもっともよく発達し、第1椎体から第13椎体まで分枝せず、1本の骨片で基部は神経弓に癒着する。これらのうち、第1椎体から第6椎体まではきわめて強固で、短い突起状をなす。第14椎体から第74椎体附近まで分枝し、内枝と側枝を形成する。これらはオキアナゴでみられるように内枝と側枝はリボン状靱帯で連結している。すなわち内枝の基部は神経弓門に関節し、その先端には靱帯が伸び、これが側枝の中央部あるいはそれより前半の部位に接着する。およそ第74椎体から一本となり、内枝はなくなり、紐状の靱帯でおきかえられた形となる。尾部末端でそなわる。

ギンアナゴでは多くは第1椎体から第7椎体までいずれも1本の骨片でなり、基部に第3椎体まで神経弓門の下側部に癒着し突起状を呈する。第8椎体から第91椎体の間は2又する。内枝と側枝は癒着する。側枝はおよそ第28椎体から第49椎体までの間が長く、よく発達する。第92椎体以後は1本となり、尾椎末端部は接近して重なりあい束状となる。最末端2～4個の椎体にはこれを缺く。

ニセギンアナゴでは多くは第1椎体から第10椎体まで分枝せず、基部は神経弓門に接着する。第11椎体から第25椎体の短い区間において分枝し、内枝と側枝を形成するが、内枝はきわめて短い。第26椎体以後は再び1本の骨となるが、第29椎体から第87椎体の範囲では後端部でへう状にやや幅広くなっている（第13図版H）。

キツネアナゴではよく発達し、多くは第1椎体から第8椎体まで1本の骨で、第1椎体から第4椎体まではそれぞれの基部が神経弓門の下側に癒着する。およそ第9椎体から第90椎体まで分枝する。内枝と側枝は完全に癒着し、松葉状をなす。第32椎体あたりから第42椎体までの間のものがよく発達する。以後再び1本となり、末端部では重なりあって横わり、束状となる。

ヒモアナゴではよく発達し、多くは第1椎体から第8椎体まで1本で、基部は神経弓門に癒着する。およそ第9椎体から第92椎体までの間は分枝し、それらの内枝と側枝は同着する。およそ第93椎体から尾椎末端近くまで1本となり、体側筋隔部に遊離するが、それぞれ紐状の靱帯が神経弓門の下側から伸びてこれらと連結する。

ミナミアナゴではよく発達し、多くは第1椎体から第10椎体まで1本の骨で、その基部は神経弓門に癒着する。およそ第11椎体から第97椎体まで分枝し、内枝と側枝は同着する。およそ第98椎体以後は1本となり、内枝はリボン状の靱帯でおきかえられる。（第70図K）。

ツマグロアナゴでは、多くは第1椎体から第6椎体まで1本の骨で、その基部は神経弓門に接着する。およそ第7椎体から第101椎体まで分枝する。内枝と側枝は同着する。第102椎体以後は内枝が消失し、リボン状の靱帯がこれにかわる（第70図L）。

アイアナゴでは多くは第1椎体から第8椎体まで1本の骨からなり、基部は神経弓門に接着する。およそ第9椎体から第96椎体まで分枝し、内枝と側枝は同着する。第97椎体以後は消失して靱帯がこれにかわる（第70図M）。

上肋骨は肋竹または血管棘の側面において体側筋隔内に横たわり、その先端は靱帯をもって側突起の先端

あるいは上肋骨の上部、血道弓門の下側部と連結し、分枝するばあい、側枝の上端は椎体の中央側部、または横突起の先端と靱帯で連結する。多くは腹椎の後部から尾椎末端部までそなわる。種類別に記載すると以下の通りである。

ゴテンアナゴではよく発達し比較的前位から始まる。すなわち多くは第32椎体から始まり、およそ第38椎体まで1本で、その上端は側突起の側下端に靱帯で接着する。第39椎体から尾部末端まで分枝し、内枝と側枝は固着する。内枝の一端は腹椎部にあっては肋骨の上部および側突起の上部に靱帯で接着し、尾椎では血道弓門の下側に接着する。側枝の上端は横突起の存在する範囲では横突起の先端と靱帯で結着し、横突起のない部分では椎体側部と糸状の靱帯で結着する。そしてゴテンアナゴではおよそ第62椎体から第131椎体の間において上肋骨の下側の筋隔内に遊離した1本の副上肋骨 (sub-epileural) が存在する。

ハナアナゴでは肛門位置の椎体、すなわちおよそ第54椎体あたりから後方に存在する。第58椎体あたりまで分枝せず、その上端は側突起の先端と糸状の靱帯で接着する。およそ第59椎体から第128椎体まで分枝し、内枝と側枝を形成するがこれらは固着する。内枝の一端は側突起の先端 (肋骨の上端) と靱帯が結着し、さらに腹椎の後方第74椎体から第81椎体あたりまでは側突起の外側中央部と結着し、尾椎では血道弓門の下側部と靱帯で結着する。側枝の上端は横突起のある部分では横突起の先端と、横突起のない部分では側突起の先端と後方では椎体側部とそれぞれ糸状の靱帯で結着する。

シロアナゴはハナアナゴに似ている。しかし、これに比してやや前位から始まる。

オキアナゴでは多くは第44椎体以後に存在する。第44椎体から第48椎体あたりまで短い1本の骨片で、その上端は側突起の先端と靱帯を介して結着し、第49椎体以後第102椎体あたりまで内枝と側枝を形成する。内枝と側枝はクロアナゴでみられると同じように固着せず、糸状の靱帯で結着し、内枝は側上肋骨 (inter-epileural) となる。この骨の一端は腹椎では側突起の側部に、尾椎では血道弓門の下側にそれぞれ接着する。側枝の上端は糸状の靱帯で椎体側面の中央部と連結する。およそ第102椎体以後は内枝は消失し、糸状の靱帯がこれにかわり、1本の上肋骨が体側筋隔内に横たわる。

マアナゴでは多くは肛門位置の直後の椎体から後方に存在する。すなわち、およそ第42椎体から尾椎末端部まで存在する。その間、分枝せず、上端は横突起の存在する部分は横突起の先端に、また横突起のない腹椎および尾椎の部分では椎体側面の中央部と、さらに腹椎の部分では側突起の側部、尾椎では血道弓門の下側部と上半部の一個所が靱帯でそれぞれ連絡している (第12図版E)。

クロアナゴでは肛門位置の直後の椎体附近から存在する。多くは第41椎体から第47椎体まで短い単骨よりなり、その上端は側突起の先端および側部と靱帯で接着し、およそ第46椎体あたりから内枝と側枝を生ずる。オキアナゴと同じように両者は靱帯で連結する。内枝の一端は腹椎では側突起の側部、尾椎では血道弓門の下側と接着し、側枝の上端は横突起と靱帯組織で連結する。およそ第75椎体以後は内枝は消失し、糸状の靱帯がこれにかわり、側枝の一個所と血道弓門の下側部が連結されている。尾部末端骨を除いて最後の椎体まで存在する。

ギンアナゴでは肛門位置、すなわち第32椎体附近から後方にある。第32椎体から腹椎末端 (第40椎体) まで単骨で、その上端は靱帯を介して側突起の先端部と連結する。第41椎体附近から分枝する。内枝は短く、その一端は血道弓門の下側部と接し、他方は側枝と固着する。また側枝の一端は靱帯によって横突起の先端と連結する。第81椎体附近から内枝は消失し、糸状の靱帯がこれにかわる。

ニセギンアナゴでは多くは第38椎体から後方に存在する。全部が単骨で、内枝は形成されないが、これにかわって尾椎の前部ではリボン状に靱帯が発達する。これらの骨の上端は横突起の存在する部分ではその先端と靱帯を介して連結し、尾椎後部で横突起が消失した部分では椎体側面の中央部の1カ所と糸状の靱帯で連結している。

キツネアナゴでは比較的前位から始まり、およそ第25椎体附近以後に存在する。最初の5～6本は分枝せず、それらの上端は側突起の先端部に靱帯をもって接着する。およそ第30椎体、すなわち肛門位置附近から

分枝し、内枝と側枝を形成する。両者は固着する。第94椎体以後は内枝が消失して単骨となる。

ヒモアナゴでは肛門位置すなわち第47椎体附近から始まる。最初の2～3個は分枝せず、短い単骨である。およそ第49椎体から第91椎体まで分枝する。内枝は短く、一端は側枝と固着する。本種には横突起はないので、この間側枝の上端は靱帯で椎体側部と連結する。内枝の椎体における附着位置は前者と変りない。第92椎体附近以後内枝は消失し、糸状の靱帯がこれにかわり、血道弓門の下側部と側枝の上半部の1点とを連結する。

ミナミアナゴでは肛門位置すなわち第40椎体附近から始まる。最初の3～4個は短い1本の骨で、側突起の先端に靱帯で接着し、およそ第44椎体あたりから第97椎体附近まで分枝する。ヒモアナゴと同じように横突起がなく、この間、側枝の上端は靱帯によって椎体側面の中央部と連絡する。内枝の一端は他のものと同じように腹椎では側突起の側部、尾椎では血道弓門の下側部と接する。内枝は比較的よく発達する。およそ第97椎体から内枝は消失し、糸状の靱帯がこれにかわり、側枝の上半部の1点と血道弓門の下側部とを連結する。

ツマグロアナゴでは肛門よりやや後方、すなわち第44椎体から後方に存在する。最初の2・3本は短く小さい単骨で、上端は側突起の先端と靱帯を介して接着し、およそ第46椎体から分枝し、内枝と側枝を生ずる。横突起の存在する部分、すなわち第45椎体から第65椎体の間では側枝の上端は横突起の先端と靱帯を介して連結するが、以後は糸状の靱帯が椎体側部と側枝の先端とを連結する。内枝の一端は腹椎では側突起の側部、尾椎では血道弓門の下側部に靱帯で接着する。第103椎体以後、内枝は消失して糸状の靱帯がこれとかわる。

アイアナゴでは肛門より遙かに後方、すなわち第76椎体附近から後方に存在する。最初の3～4本は単骨で、短い。第80椎体から第96椎体の短い範囲で分枝し、内枝と側枝を形成し、両者は固着する。以後のものは再び単骨となり、尾椎末端部の第196椎体附近でおわる。

第二篇 生態に関する研究

Part II. Ecology

第一章 全長組成および肥満度

Chapter I. Composition of total length and fatness

ま え が き

魚群の全長や体重の組成に関する調査は、これまでハモについて水産庁福岡事務所(1947)、多々良(1952)および西海区水産研究所(1953, '55)など、またマアナゴに関しては岡田ら(1956)、富山(1956)などの報告がそれぞれみられる。

著者は1951年5月から周防灘水域に産するハモ科およびアナゴ科に属する魚類の全長および体重組成について調査し、とくにハモでは産卵期における魚群の全長組成および肥満度、マアナゴでは毎年春(1月から5月の間)に多量に出現する仔魚や稚魚の全長組成、および沖合や内湾の浅底水域などにすむ未成魚・成魚の全長組成および肥満度についてしらべた。

実験の材料および方法

ハモの仔魚は、1955年10月11日と12月3日に山口県熊毛郡田布施町馬島沿岸でカクチイワシ船曳網で漁獲した6尾、1956年10月3日に産卵場水域で採集した1尾、合計7尾の標本により、また産卵群の全長組成および肥満度をしらべた標本は1955年7月から9月下旬にわたる間に、周防灘中部沖合水域で小型底曳網および延縄で漁獲された391尾(第145表)を供試した。マアナゴの仔魚および稚魚は、1955年1月から1956年5月上旬の間に上記の水域でカクチイワシをとる船曳網、イカナゴを目的とした曳網で採捕された伸長期標本406尾、変態期標本136尾、稚魚4尾、合計546尾を、また未成魚・成魚は1954年1月から1954年12月までに上記の水域で漁獲した473尾を供試した(第146表)。なお、ハモの肥満度調査には上記の全長組成に用いた標本以外に1954年1月から同年9月の間、採集したものを加えて供試した。肥満度(F)は次式によって求めた。

$$F = (BW/TL^3) \cdot 1000 \quad \text{ただし、BWは体重(g)。TLは全長(cm)。}$$

Table 145. Number of specimens of *Muraenesox cinereus*, used in the present study.

Sex	Items	No. (%)	Range (cm)	Mean (cm)
Male		370 (94.62)	35.3 ~ 95.4	65.9
Female		21 (5.38)	55.2 ~ 97.5	80.7

Table 146. Number of specimens and composition of the total length of *Conger myriaster*, used in the present study.

Fishing ground	Items	Specimens examined	Range (cm)	Mean (cm)	Standard deviation
Off-shore, Suō-nada		269	17.50~95.90	38.55± 0.69	9.99
Hirao Bay		204	12.20~50.40	27.20± 0.38	5.48

実験結果

A. ハモ

1. 仔魚の体長

伸長期の仔魚の体長は、1956年10月3日産卵場水域で採捕したものでは9.45 mm, 10月11日のものは47.0 mm, 49.0 mm, 49.5 mmおよび49.5 mmの4尾で、12月13日のものは63.5 mmおよび66.0 mmの2尾である。これらの標本の孵出時期は明らかでないが、夏に祝島近海の水域で産卵されたものが成長して出現したものと推定する。とくに10月3日の6.45 mmの仔魚は産卵の末期に孵出したものと考えられ、また10月10日および12月3日に採集した仔魚は比較的大きいようで、おそらく産卵期の前期に孵出したものと思われる。

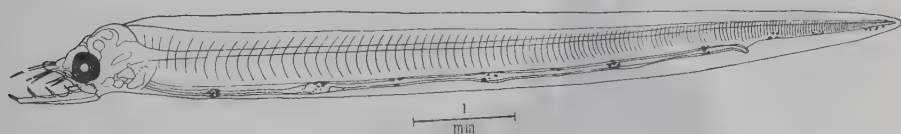


Fig. 71. Larva of *M. cinereus* taken from Suō-nada, a western part of the Inland Sea of Japan. 9.45 mm in total length.

2. 産卵期における産卵群の全長組成

周防灘中部水域において7月中旬から9月下旬、すなわち産卵期に出現するハモの全長組成を第72図に示した。雌雄の割合は雄94.6%に対して雌は5.4%で、雌は雄より著しく少ない。このことは1954年の同時期に調査した結果も同じで、雄は94.5% (312尾) に対し雌は5.5% (18尾) の出現率を示した。そして最小全長は35.2 cm (雄)、最大全長は97.5 cm (雌) で、全体の平均全長は64.07 cmである。さらにもっとも高率に出現する範囲は55.0~70.0 cmで、その出現率は全体の62.3%を占める。

雌雄別の全長組成は、雄では最小35.3 cm, 最大95.4 cmで、その平均全長は65.90 cm, もっとも高率に出現する範囲は55.0~70.0 cmで、全体の69.8%を占める。雌の最小全長は55.2 cm, 最大全長*は97.5 cm, 平均全長は80.7 cm, もっとも高率に出現する全長は55.0~85.0 cmで、全体の61.1%を示す。

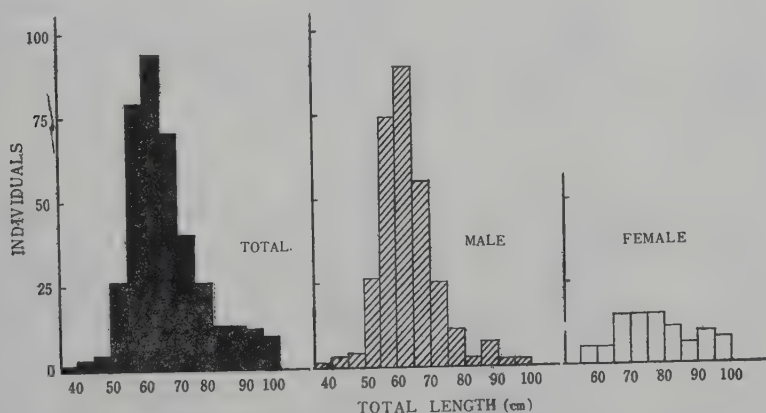


Fig. 72. Constitution of the total length in *M. cinereus* taken throughout the fishing seasons from July 1955 to Sept. 1955.

* 1954年8月19日に全長132.5 cm, 体重3.44 kgを採集。

さらに 75 cm 以上の大型に属する個体群の出現率を性別にみると、雄では 6.4%，雌では 55.6% で、雌の方が割合において高率を示す。こうした傾向は多々良 (1952) がしらべた紀伊水道の 7 月の全長組成、および西海区水産研究所 (1955) による東支那海の 6 月、7 月および 8 月の全長組成に顕著にみられる。

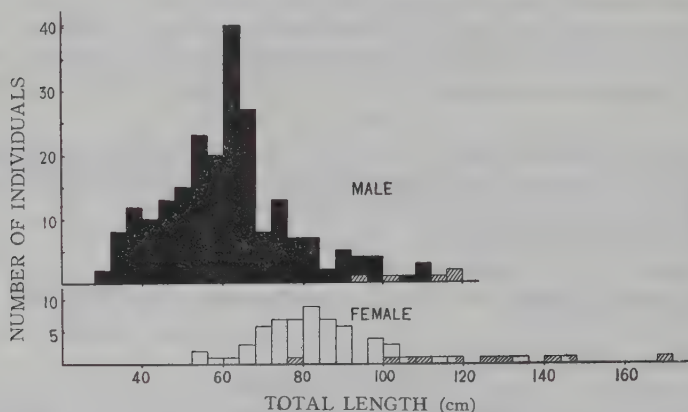


Fig. 73. Constitution of the total length in *M. cinereus* and *M. yamaguchiensis* taken in the spawning season from Suo-nada, in 1954. Black and white parts, *M. cinereus*; slant parts, *M. yamaguchiensis*.

PETERSEN (1906) によると *Anguilla anguilla* の成熟に達する最小体長は雄で 29 cm、雌は 42 cm とし、HORNYOLD (1930) は成熟した雄の体長範囲は 24~51 cm、同雌は 37~100 cm 以上におよぶことを、また日本産ウナギ *A. japonica* について丸川 (1916) は体長 57.5 cm 以上はほとんど雌で、雄は稀であること、松井 (1952) は雌では 60 cm 以上のものが稀でなく、129.5 cm に達するものがあり、普通雌は雄より大型であることをそれぞれ報告している。これらの記載からするとウナギ類とハモのそれぞれの体長範囲は大差がなく、むしろよく類似し、また後述するマアナゴでもほぼ似ていることがわかる。ことに 1955 年度の調査におけるハモの最大全長は 97.50 cm であるが、始漁期あるいは産卵期に入る前の 6 月、7 月にはごく沿岸の浅い水域で 1 m 以上の雌が普通に漁獲され、1954 年 8 月にはスズハモに類似するような全長 132.5 cm の雌を採集した。

3. 肥 満 度

Table 147. Monthly variation of the fatness of *M. cinereus* in spawning season. Number of specimens examined is parenthesized.

Month	Sex	Male		Female	
	Fatness	Range	Mean	Range	Mean
June		—	—	1.03~1.45 (12)	1.28
July		0.78~1.64 (64)	1.28	0.97~1.84 (3)	1.38
August		1.05~1.67 (201)	1.29	1.14~2.15 (9)	1.46
September		0.96~1.45 (165)	1.18	1.16~1.85 (6)	1.52

全長組成に供試した標本および6月の標本を含めて産卵期およびその前後における雌雄の肥満度を月別に示したのが第147表である。

この結果、雌では6月1.28、7月は1.38を示し、産卵盛期の8月では1.46、9月では1.52で漸増傾向がみられる。雄では7月1.28、8月1.29で、ほぼひとしいが、9月は減少して1.18を示した。すなわち雌と雄とでは肥満度の低下時期が異っている。

9月、雄の係数値が低下している原因は雄の出現率が高く、したがって調査範囲が広いこと、時期的にみて雌より雄の方が早熟であり、その結果放精後の個体が混入すること、生殖腺の発達にともなって絶食現象が起ることおよび生殖による魚体の消耗などによると考えられ、これに反し雌の9月における係数値の増加

Table 148. Monthly variation of the fatness of *M. cinereus* taken from Suō-nada, in 1954.
Number of specimens examined is parenthesized.

Month	Items	Sex		
		Male	Female	Unknown
Jan.	Range		1.19 (1)	
	Mean		1.19	
Mar.	Range	1.08~1.94 (5)	1.22~2.36 (4)	
	Mean	1.38±0.05	1.50±0.14	
	Standard deviation	0.16±0.03	0.41±0.09	
	Coefficient of variation	11.59±2.48	27.33±6.52	
Apr.	Range	0.68~1.50 (3)	0.68~1.19 (4)	0.9
	Mean	1.00±0.13	0.95±0.09	0.9
	Standard deviation	0.33±0.09	0.25±0.06	
	Coefficient of variation	33.00±9.09	26.31±6.27	
June	Range	1.20~1.30 (2)	1.20~1.28 (2)	0.53~1.71 (64)
	Mean	1.25±0.03	1.24±0.03	1.07±0.02
	Standard deviation	0.05±0.02	0.04±0.01	0.25±0.01
	Coefficient of variation	4.00±1.35	3.23±1.09	23.36±1.40
July	Range	1.11~1.50 (10)	1.11~2.03 (14)	0.82~1.56 (35)
	Mean	1.34±0.02	1.39±0.05	1.15±0.02
	Standard deviation	0.11±0.01	0.21±0.03	0.17±0.01
	Coefficient of variation	8.20±1.23	15.10±1.93	1.47±0.12
Aug.	Range	0.88~1.88 (31)	0.78~2.32 (20)	1.12±1.27 (7)
	Mean	1.38±0.03	1.39±0.06	1.17±0.01
	Standard deviation	0.22±0.02	0.39±0.04	0.05±0.01
	Coefficient of variation	16.42±1.41	28.06±2.99	4.28±0.77
Sept.	Range	1.11~1.39 (5)	1.14~1.50 (3)	1.05~2.33 (26)
	Mean	1.20±0.03	1.33±0.01	1.23±0.04
	Standard deviation	0.09±0.02	0.24±0.01	0.32±0.03
	Coefficient of variation	7.50±1.60	18.04±5.00	26.01±2.43

することは完熟卵をもつ魚体の混入する比率が高く、また放卵後の親魚の漁獲が低率であるためである。ところで、これらの係数値と日本産ウナギの肥満度を松井（1952）のしらべた結果を用いて比較してみると、後者では0.74～1.49にわたるが、そのうちで1.49に近い値を示す群は、下りウナギの Breitkopf のものに示される。ハモのばあい1.42～1.52の範囲にある個体群は産卵期に成熟あるいは完熟に達したもので、しかも比較的大型の雌雄にみられ、さらに型としては狭頭型に属するものである。

以上の結果と1954年1月から9月までの間に測定した結果（第148表）を比較してみるとほぼ同じような傾向が認められる。

さらに産卵盛期および末期に出現する完熟魚と放卵魚の肥満度は第149表に示す通りである。

Table 149. Comparison of the fatness in full mature and ovulated stages of *M. cinereus*.

Full mature fish			Ovulation fish		
Total length (cm)	Body weight (g)	Fatness	Total length (cm)	Body weight (g)	Fatness
92.00	1828	2.32	109.00	1012	0.78
99.20	1770	1.71	91.50	782	1.02
83.70	1300	2.21	89.80	1064	1.46
88.20	1290	1.87	82.20	830	1.49

4. 全長と体重の関係

全長（L）cmと体重（BW）gとの関係を半対数表に表わすと第74図となり、両辺を対数でとると $BW = aL^b$ の関係式が成立する。指数 a は、雄では0.00687、雌では0.02215、係数 b は、雄では2.653、雌では2.324をそれぞれ示す。

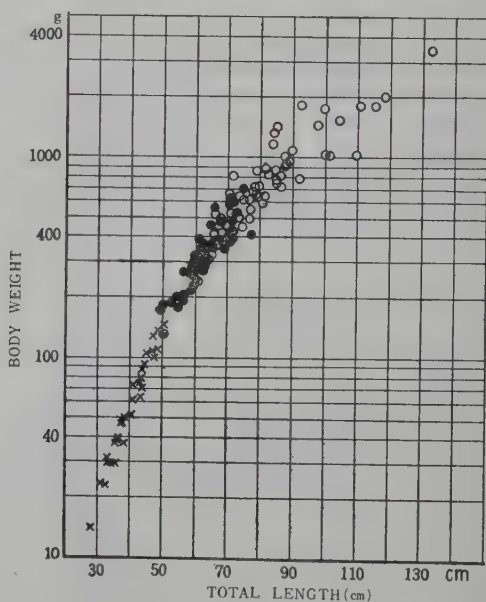


Fig. 74. Relation between the total length and body weight in *M. cinereus* taken from Suō-nada. ●, Male; ○, female; ×, sex-unknown.

B. マ ア ナ ゴ

1. 仔魚および稚魚

周防灘中部水域に属する光市および熊毛郡沿岸において、半稚魚期の稚魚がとれはじめる1月から、仔魚および稚魚の漁獲が急に減少する五月下旬までの月別体長* 組成を第150表および第151表に示した。

Table 150. Body length (mm) of *C. myriaster* in both developing and metamorphosis stages during the months from January to May.

Month	Body length	Stage	Developing stages					Metamorphosis stages					Total
		80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	130~120	120~110	110~100	100~90	80~70		
Jan.		10	55	17	14	1			2	3		102	
Feb.			5	23	33	4			6	1		72	
Mar.			6	57	32			12	21	4		132	
Apr.			12	89	31	1	1	31	44	6	1	216	
May			10	4	2					1	3	20	
Total		10	88	190	112	6	1	43	73	15	4	542	

Table 151. Percentage of occurrence of each class of body length (mm) in both developing and metamorphosis stages of *C. myriaster* taken during the period from January to May. Note: the figure in upper column in each month indicates percentage to total number of individuals in respective month and the lower column indicates percentage to total number of individuals in respective class.

Month	Stage Body length	Developing stages						Metamorphosis stages					
		80~90	90~100	100~110	110~120	120~130	Total	130~120	120~110	110~100	100~90	80~70	Total
Jan.	9.8 100	53.9 53.4	16.7 6.5	13.7 9.0	1.0 14.3		95.1			2.0 0.8	2.9 2.9		4.9
Feb.		6.9 4.9	31.9 8.7	45.8 21.3	5.6 57.1		90.3			8.3 2.3	1.4 1.0		9.7
Mar.		4.5 5.8	43.2 21.7	24.2 20.7			72.0		9.1 7.7	15.9 8.0	3.0 3.9		28.0
Apr.		5.6 11.7	41.2 33.8	14.4 20.0	0.5 14.3		61.7	0.5 14.3	14.1 20.0	20.4 16.7	2.8 5.8	0.5 25.0	38.4
May		50.0 9.7	20.0 1.5	10.0 1.3			80.0				5.0 1.0	15.0 75.0	20.0
Total		100	85.5	72.2	72.3	85.7		14.3	27.7	27.8	14.6	100	

すなわち1月に出現する仔魚は大部分が伸長期のものであるが、わずかに変態期のものが含まれている。これらの体長組成をみるに、その範囲は伸長期の80 mmから変態期の90 mmにわたり、もっとも出現率の高い体長範囲は90~100 mmの仔魚で、それは1月における全体の53.9%を占める。

2月はその月に出現する個体の90.3%が伸長期のもので、変態期にある個体の出現率はわずかに9.7%を示し、かりに体長10 mm区間を1つの成長段階と考え、また1月および2月の群を同一群と見なすならば1月から2月に入って全体として2区間の成長がみられ、2月における伸長期の重心は体長110~120 mmに成長している。そして2月の100~110 mmの仔魚群は1月のもっとも成長段階の低い群が新たに加わったものかどうか明らかなでないが、しかし1月の標本の体長90~100 mmの伸長期仔魚が2月に入ってはば20 mm

* SCHMIDT (1925/33), JESPERSEN (1942) などの仔魚の研究では、基準長 (standard length) として吻端から尾鰭基底までの距離が採択されているので、本項ではとくにこれに代って体長を用いた。

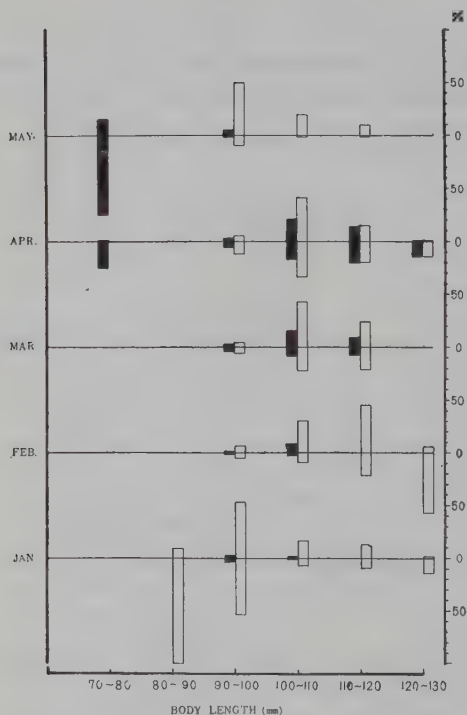


Fig. 75. Percentage of occurrence of each class of body length in both developing and metamorphosis stages of *C. myriaster* taken from January to May. Above the base line, showing the percentage to total number of individuals in respective month, and below the base line, percentage to total number of individuals in respective class; □, developing stage; ■, metamorphosis stage.

の伸長を行っていることを併せて考えると2月に出現した100～110 mmの群は、1月にみられる30～90 mmのものが成長し、さらに90～100 mmのものは1月には漁獲の圏外にあった群が新たに添加したものと考えられる。一方、変態期に入ったもっとも成長段階の進んだ100～90 mmの群は1月の最大体長群の成長したもの、また110～100 mmの仔魚群は1月の110～120 mmの群が成長したものらしく解される。

3月以降5月まで、各月とも90～100 mmの新たに漁獲に加わった仔魚群および変態期に入ったものが高率に出現するようになり、漁獲量は以前に比して増加し、接岸盛期の様相を呈する。しかし6月に入るとしだいに仔魚および稚魚の漁獲は減少し、一時に多量にとれることはほとんどみられなくなる。

2. 未成魚および成魚

周防灘水域に属する山口県熊毛郡および光市沿岸で漁獲された未成魚・成魚の全長組成について、沖合（島礁水域を含む）と内湾（平生湾）の浅底水域に分けてそれぞれの組成を求めると第77図の通りである。この図でわかるように両者はいずれも比較的単調な頻度分布を示す。すなわち、内湾では12.1～48.7 cmの範囲で出現し、もっとも頻度の高い範囲は20.0～30.0 cmで、それは全体の72.1%を示す。一方、沖合水域では17.50～96.30 cmの広い範囲を示し、もっとも高率に出現する個体群は全長30～40 cmの範囲のもので、これらは全体の69.5%を占める。したがって沖合水域の方がやや大きい平均値を示す。さらに両者を合わせて月別の全長組成の変化をみると第152表および第76表となる。すなわち1月には20 cm以下の小型魚および50 cm以上の大型のものがかなり出現するが、主体は全長22～40 cmの範囲のもので占められている。そしてこれらはさらに大小の2群によってそれぞれを形成している。2月および3月には1月にみられた両

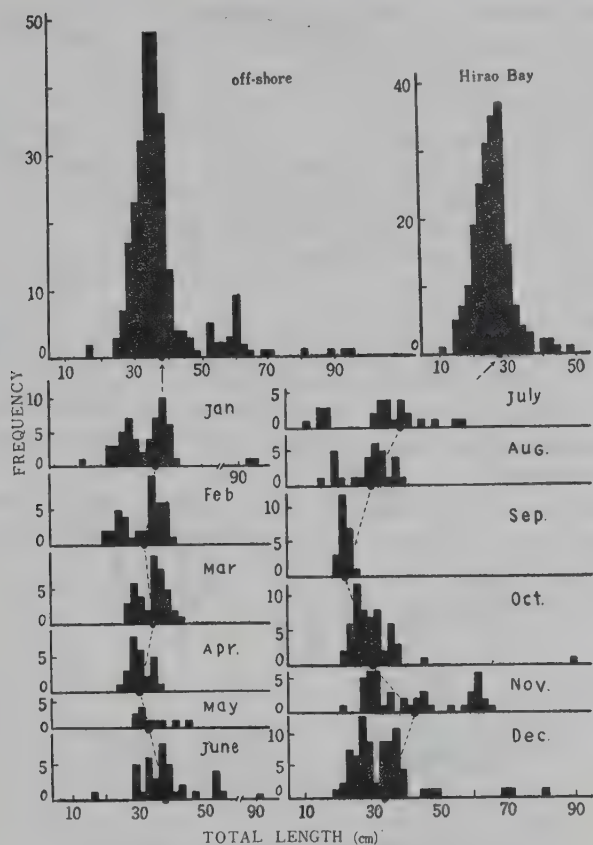


Fig. 76. Showing composition and monthly variation of total length of specimens of immature and adult fish of *C. myriaster* taken from Hirao Bay and its off-shore waters. Arrow indicates mean value.

Table 152. Monthly variation of total length of the specimens of *C. myriaster* taken from Suō-nada (inclusive of both Hirao Bay and its off-shore)

Items	Month					
	1	2	3	4	5	6
Specimens examined	52	41	41	26	10	38
Range (cm)	15.00~95.90	21.18~41.50	28.00~47.40	26.40~38.25	30.60~45.50	17.50~56.00
Mean value (cm)	36.00± 0.30	32.31± 0.61	34.89± 0.44	31.34± 0.56	34.70± 1.06	38.07± 0.86
	7	8	9	10	11	12
	24	29	28	55	45	74
	12.20~56.60	15.89~42.83	18.4 ~22.9	21.40~46.60	20.40~89.40	20.10~81.50
	38.08± 1.54	30.58± 0.85	21.92± 0.31	29.20± 0.44	42.04± 1.47	33.04± 0.84

端の小型および大型魚の出現は消えるが、頻度分布の重心的範囲の組成は1月から3月までほぼ相似し、著しい変化はない。わずかに2月と3月の間では平均値にずれが認められる。4月以降7月まで頻度分布の並数および平均値はわずかに大きい方に移行する傾向がみられる。すなわち4月には3月にみられた2つの山の大きい方の群がごく低率に現われ、したがって40~45 cmの範囲の頻度分布の並数がくずれ、3月に出現した小さい魚体の群と思われるものの出現率が高くなって、頻度分布の山は25~30 cmの範囲にみられる。5月には、供試数は少ないが、個体群の成長によると考えられる大きい方への全体的な偏りが認められる。6月および7月では20 cm以下の小型魚および50 cm以上の大型魚が再び現われ、とくに7月には年間でもっとも小さい魚体が出た。これは春に変態した魚群が成長し、漁獲に添加したためである。さらに8月では2つの山がみられるが、小さい全長の群の出現頻度が大きい全長の群よりも高くなっている。また9月の組成はいっそう単調となり、全長の範囲は狭まき、また平均値は21.92 cmで年間最小の値を示す。これらはおもに春に変態した当才魚群と思われる。10月では9月に比して全長範囲がやや広がり21.40~46.60 cmとなるが、春に変態した群の高率の添加によって平均値はやや小さい。11月、12月は全長範囲がしだいに大きくなる傾向がある。11月には20.40~87.40 cmの範囲に出現し、その平均値は42.04 cmで、年間の最大の値を示す。これは秋になると水深20~30 mの島の周辺水域で大型魚が漁獲されるためである。この水域において毎年大型魚が比較的高率に漁獲されるのはおよそ10月下旬から翌年の4月の間である。

3. 性別の全長組成

性別の全長組成を第7図に掲げた。供試範囲での性別不明の全長範囲は12.10~35.70 cm、雄では32.50~44.50 cm、雌では30.90~96.30 cmである。そしてもっとも高率に出現する範囲は雄では34~40 cmで、

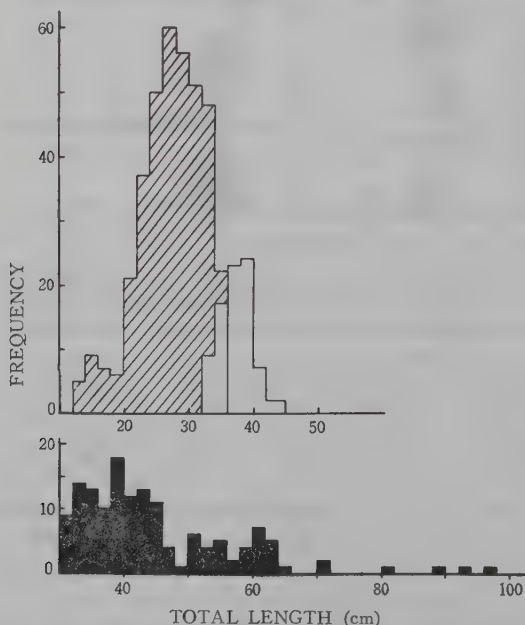


Fig. 77. Frequency distribution of the total length of *C. myriaster*, taken from the central waters of Suō-nada. Hatched area, sex unknown; hollow area, male; solid area, female.

それは全体の76.2%, 雌では32-47 cmで, それは全体の65.5%をそれぞれ示す。さらに最大全長*は雄では44.50 cm, 雌では96.30 cmである。ところで日本産ウナギでは性の識別可能な最大体長は25.20 cmで, 41.60 cmに達してもなお未熟で識別困難なものがあること, また50 cm以上の雄の出現率は4.7%, 雌は15.6%で, 最大体長は雌では129.7 cm, 雄では57.5 cmであることを松井(1952)が, また, 地中海産の *Conger vulgaris* の雄の最大体長は75.75 cmであることを CUNNINGHAM (1896) がそれぞれ記載している。これらのことからすると上述のハモ, マアナゴおよびウナギの雌の成体の大きさ, 最大全長はほぼ同じようである。ただ, マアナゴでは著者がしらべた範囲内では50 cm以上のものは出現していない。すなわち, 雄では44.50 cmが最大で, 40 cm以上のものが全体の13.1%を占める。これに対し雌は40 cm以上のものが全体の55.9%, 70 cm以上のものが全体の4.1%を示す。

4. 肥 満 度

沖合および内湾の各水域で漁獲された個体群の肥満度を示すと第78図となる。

前者での最大肥満度は2.13, 最小肥満度は0.93, 平均肥満度は1.40, 後者では最大2.00, 最小0.87, 平均1.40である。

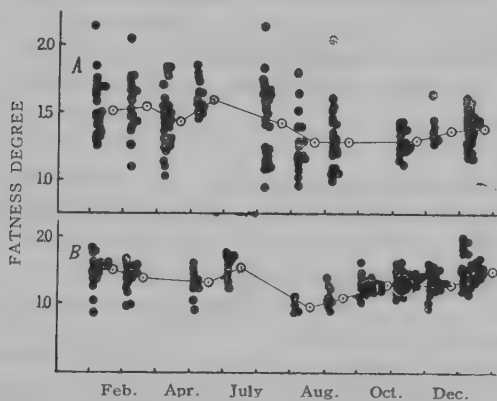


Fig. 78. Monthly variation of the fatness degree in specimens of *C. myriaster* taken from Hirao Bay (B) and its off-shore (A) in 1954. Double circle represents mean value.

さらに両者の月別平均肥満度の変化は, 内湾水域のものでは12月, 1月, 2月および5月が大きく, とりわけ5月は年間の最高値を示し, 7月・8月・9月, すなわち夏の肥満度はそれぞれ0.96・1.11・1.30でいずれも小さい。

沖合水域で漁獲された個体群の肥満度は1月から6月まで大きく, とりわけ4月は1.59で年間の最大値を示す。7月は激減して1.27, 8月は1.27, 10月は1.28となり, 以後わずかに増加し, 11月には1.37, 12月には1.39を示す。

以上の結果からみると両水域ともに肥満度はおよそ夏に小さく, 冬と春には大きくなる傾向が認められる。さらにこの両水域の月別平均肥満度について有意差の存否を検定した結果, 差異の認められる月は7月・8月・10月で, 他の月ではいずれも差異が認められなかった。したがって, とくに夏に内湾の浅底水域に生息するものの肥満度は沖合水域のものそれに比して小さいことが認められる。

雌雄別の肥満度は雌1.43, 雄では1.42で, 平均値ではわずかに雌が大きい, 両者間に有意差はない。

松井 (1952) および丸川 (1915) がしらべた日本産ウナギの肥満度をみると、前者では雌が 1.93、雄が 2.57 で顕著に雄が大きく、また後者では雌 1.01 で、雄の 1.12 の方がわずかに大きく、したがってマアナゴと反対の結果がみられる。

5. 全長と体重の関係

全長組成に供試した個体群を用いて、全長 (L) cm と体重 (BW) g との関係を雌雄それぞれについてしらべた結果、両者はいずれも $BW = aL^b$ の曲線式で表わされ、指数 a は雌では 0.0009072、雄では 0.0005935、係数 b は雌では 3.136、雄では 3.208 をそれぞれ示す。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するハモおよびマアナゴの全長組成、肥満度および体重と全長との関係などについて調査した。

2. ハモの産卵水域で10月に 9.45~49.5 mm、12月に 63.5~66.0 mm の仔魚が出現した。

3. 産卵期における産卵群の全長組成は雌では 35.3~95.4 cm、雌では 55.2~97.5 cm で、もっとも高率に出現する全長範囲は前者では 55.0~70.0 cm で、全体の 69.8% を占め、後者では 65.0~85.0 cm で、全体の 61.1% を占める。

4. 調査範囲におけるハモの最大全長は雄では 95.4 cm、雌では 132.5 cm である。

5. 産卵期およびその前後におけるハモの肥満度は 0.78~2.15 の範囲で、各月とも雄に比し雌の肥満度が大きい。また、産卵後期 (9 月) の雄の肥満度は雌のそれに比して急に小さくなる。

6. ハモの全長 (L) cm と体重 (BW) g との関係は次式で表わされる。

$$\text{雄, } BW = 0.06871L^{2.653}$$

$$\text{雌, } BW = 0.02215L^{2.324}$$

7. マアナゴの仔魚および稚魚の体長組成は第72図のように、1 月・2 月では伸長期のものが 90% 以上を占めるが、3 月から 5 月までの間は変態期に入ったものと、新たに加った 90~100 mm の伸長期の仔魚が多量に出現し、接岸盛期となる。

8. マアナゴの未成魚・成魚の全長組成は浅い内湾の水域では 12.2~48.7 cm、沖合水域では 17.5~96.3 cm の範囲にそれぞれ出現し、もっとも高率に出現する範囲は前者では 20.0~30.0 cm、後者では 30.0~40.0 cm で、それぞれ全体の 72.1%、69.5% を示す。

9. 春に変態した当才魚群の漁獲への添加は 7 月にみられた。

10. 調査範囲におけるマアナゴの最大体長は雄では 44.5 cm、雌では 105.6 cm、雌雄の識別可能な最小全長は 30.9 cm である。

11. マアナゴの全長 (L) cm と体重 (BW) g との関係は

$$\text{雄, } BW = 0.0005935L^{3.208}$$

$$\text{雌, } BW = 0.0009072L^{3.136}$$

で表わされる。

第二章 年 令 組 成

Chapter II. Age composition

ま え が き

日本産ウナギ目魚類の年令に関する業績としては、ウナギについて丸川 (1916)、松井 (1952) ら、ハモについて多々良 (1952)、西海区水産研究所 (1955) ら、スズハモについて大滝ら (1954) などの報告があるに過ぎない。

著者は1952年以降、周防灘産ハモおよびマアナゴの年令および年令組成の調査を行った。とくにハモでは

産卵場における産卵群の年令組成、マアナゴでは秋から冬にかけて内湾の浅い水域に來遊する群と沖合および島の周辺水域に生息する群の年令組成について追求した。

実験の材料および方法

年令査定に供試した材料は、ハモでは1951年8月から1955年9月にわたる間に、周防灘中部水域で、小型底曳網によって漁獲された全長40.8~88.2 cmの777尾の標本を用いた。また、マアナゴでは1956年10月から1957年1月までの間に、上記水域に属する山口県熊毛郡および光市沿岸で小型底曳網、延縄およびアナゴ籠によって漁獲された全長19.6~95.9 cmの586尾の標本を用いた。

年令組成に用いた材料は1955年6月下旬から同年9月下旬の間に、小型底曳網および延縄で漁獲された全長35.3~97.5 cmの414尾、マアナゴでは1954年1月から1955年1月の間に上記の水深20~60 mの沖合および島の周辺水域（主として光市牛島）で、小型底曳網および延縄によって漁獲された全長22.1~95.9 cmの328尾と、10 m以浅の内湾水域でアナゴ籠および小型エビ漕ぎ網で漁獲した全長12.1~86.4 cmの299尾を用いた。

魚体測定としては全長および体重の2項目で、全長は吻端より尾鰭末端までの距離とし、体重は0.1 gまで読取った。雌雄の識別は腹部を切開して生殖腺による判明方法を用いた。

輪の形成時期の検討は脊椎骨を観察し、輪紋間隔の測定は内耳の小嚢に存在する耳石（扁平石）を採用した。

耳石は兩種とも、中央部はかなり厚く、マアナゴでは外側はわずかにくぼみ、耳石全体が外側に彎曲し、そのままでは輪紋を測定することができないので、極微粒の電気研磨機を使って両面を削り、さらに油砥石で0.4~0.5 mmの厚さに処理し、キシロールを滴下した後、投影機で15倍に拡大し、直接印画紙に焼付け、核の中心を通る最長の縦軸が各輪紋と交わる点までの長さを、それぞれ輪の半径、耳石縁辺までの距離を耳石半径として測定し、耳石半径と全長との関係式および Lea の補正式

$$L_n = r_n / R \cdot \ell + b \quad (\ell - r_n / R)$$

（ただし、 ℓ は実測全長、 R は耳石半径、 b は耳石半径と全長との関係式における指原成長指数）によって推算全長を求め、その結果にもとづいて対象とする魚群の年令組成を検討した。

実験結果

A. ハモ

1. 輪形成の時期および測定輪について

椎体の最外縁に輪紋が形成されている個体の月別出現率を、1953年3月から1954年4月までの各月の中旬に採集した標本でしらべた結果を第153表に掲げた。

すなわち、8月から11月、3月から5月に漁獲された魚のなかに明瞭な輪紋のある個体が出現し、なかでも9月から10月および4月の出現率は比較的高率である。しかし他の時期では最外輪の外側に伸びがある。

Table 153. Appearance rate of individual which recognized a ring formation in the ridge of centrum of *M. cinereus* taken from Suō-nada. A, ring not formed; B, ring formed.

Month		May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.
Sex	Items												
Female (52.0~88.2cm)	A %	1/100	1/100	3/100	2/100	4/80.0	1/33.3	—	1/100	—	1/100	—	—
	B %	—	—	—	—	1/20.0	2/66.7	—	—	—	—	—	—
Male (40.8~69.6cm)	A %	16/89.9	19/100	17/100	17/94.4	13/52.0	2/22.2	11/84.6	3/100	2/100	4/100	3/60.0	1/14.3
	B %	2/10.1	—	—	1/5.6	12/48.0	7/77.8	2/15.4	—	—	—	1/40.0	6/85.7

ところで周防灘産ハモの産卵期は8月から9月(第四章, 生殖生態に関する研究)で, 9月から10月にみられる輪形成は産卵輪で, 3月から5月に形成されているものが年令推定に適当な冬期の休止輪と考えられる。

西海区水産研究所(1955)によると, 東支那海産ハモでは輪形成の認められる個体の出現率は8月~9月がもっとも多く, 4月から11月に少数みられることを, また多々良(1952)は紀伊水道産のハモでは5月に輪形成直後の個体が高率に現われること, このほか11月から5月の間に輪形成があり, したがってその中心はおよそ3月・4月とそれぞれ報告している。

耳石に現われた輪紋をみるに, 個体差がかなり著しいが, 中央の不透明な核心部を中心として, 透明帯が同心円的に交互に現われ, とくに第4輪, また第5輪からその間隔が接近したものが高率に出現する。したがって成体に達すると産卵輪と冬期休止輪が形成されると考えられる(第79図)

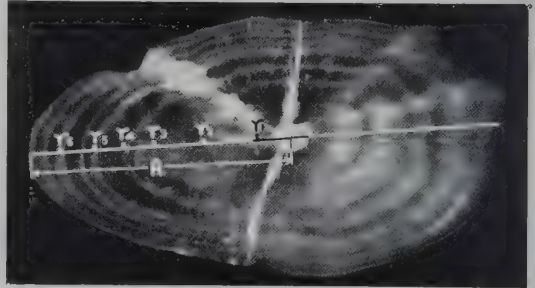


Fig. 79. Showing the measured positions on otolith of *M. cinereus* R, size of otolith; $r_1, r_2, \dots, r_n$, radii of rings.

以上の結果と未成魚の時期には産卵による消耗現象が考えられないこと, さらに核心部に近い明瞭な2~4あるいは2~5輪はほぼ安定した形成位置を占めること, 未成魚に移行するときの輪相に特別な変化が認められないことなどから冬期の休止輪に該当するものを仮りに年令に關与する輪紋として測定した。しかし, 調査範囲ではきわめて複雑な輪紋を形成するものがみられたが, これは一応除外した。

各輪紋半径および耳石半径の測定は以上の観察結果にもとづいて, ハモでは第80図のように, 中心から発する耳石前半の最長軸が各輪紋を切る点までの長さをそれぞれ輪紋の半径(r)とし, 中心から耳石縁辺までの距離を耳石半径(R)として測定した。

2. 耳石半径と体の全長との關係

全長範囲 39.8~103.0 cm の65尾について, 耳石半径(R)と体の全長(L)との關係を求めると

$$\text{雌魚, } L = 161.03 R + 55.92 \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{雄魚, } L = 147.01 R + 91.60 \dots\dots\dots (2)$$

の直線回帰に含まれる。

3. 各輪形成時の推算全長

供試材料65個体の各輪紋までの距離(r)と耳石半径(R)を輪群別に測定し, 各輪級の平均値を雌雄別に求めると第154表となる。

さらに, 耳石半径と体の全長との關係式および LEA の補正式を用いて各輪形成時の平均全長を求めると第155表の通りである。

雌雄の各輪形成時の平均全長を比較すると, 第1輪形成時はもちろん, 以後においても雌の方が大きく, 第2輪形成時には14.2 cm, 第3輪形成時には12.4 cm, 第4輪形成時には12.1 cm となり, 雌雄間に顕著

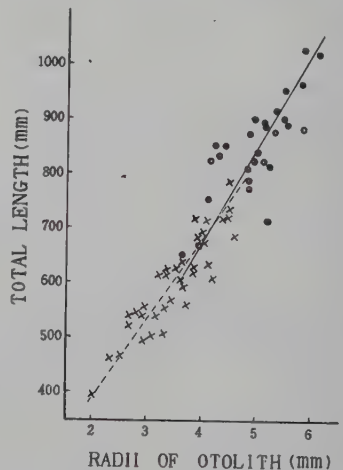


Fig. 80. Relation between the total length and radius of otolith in *M. cinereus*. Cross, male; dot, female.

Table 154. Average length of otolith and radius of rings in *M. cinereus*.

No. of rings	Sex	No. of sample	Total length (mm)		Radii of rings (mm)									
			Range	Mean value	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄	r ₅	r ₆	r ₇	r ₈	r ₉	R
3	♂	1	398	398	0.467	0.847	1.593							2.000
4	♀	1	468	468	0.500	0.827	1.593	2.200						2.500
5	♂	9	464-549	507.2±6.3	0.445 ±0.032	0.718 ±0.031	1.317 ±0.023	1.832 ±0.047	2.271 ±0.034					2.966±0.022
6	♂	7	556-721	592.8±14.2	0.448 ±0.025	0.722 ±0.020	1.383 ±0.030	1.889 ±0.039	2.428 ±0.013	3.200 ±0.015				3.342±0.044
	♀	7	650-855	745.4±14.8	0.347 ±0.021	1.406 ±0.013	2.053 ±0.047	2.677 ±0.034	3.256 ±0.035	3.997 ±0.067				4.299±0.128
7	♂	12	555-797	637.1±15.7	0.440 ±0.030	0.729 ±0.015	1.283 ±0.020	2.125 ±0.026	2.508 ±0.034	3.183 ±0.039	3.616 ±0.039			3.841±0.036
	♀	7	773-871	819.0±8.1	0.321 ±0.013	1.312 ±0.021	1.983 ±0.033	2.458 ±0.026	3.024 ±0.047	3.691 ±0.065	4.191 ±0.074			4.585±0.081
8	♂	2	695-722	708.5±7.1	0.437 ±0.022	0.855 ±0.092	1.630 ±0.097	2.210 ±0.101	2.656 ±0.085	3.313 ±0.042	3.713 ±0.062	4.023 ±0.058		4.075±0.038
	♀	7	812-900	863.5±9.4	0.335 ±0.007	1.494 ±0.018	2.053 ±0.044	2.673 ±0.022	3.304 ±0.035	3.811 ±0.037	4.363 ±0.028	4.859 ±0.031		5.104±0.041
9	♂	4	635-739	717.5±14.6	0.437 ±0.031	0.792 ±0.022	1.575 ±0.043	2.077 ±0.021	2.565 ±0.010	3.203 ±0.070	3.635 ±0.042	3.930 ±0.044	4.175 ±0.021	4.350±0.012
	♀	6	871-965	914.1±9.2	0.292 ±0.010	1.555 ±0.032	2.155 ±0.044	2.702 ±0.078	3.253 ±0.067	3.842 ±0.052	4.369 ±0.041	4.908 ±0.057	5.383 ±0.068	5.519±0.054
10	♀	2	1020-1030	1025.0	0.325	1.575	2.375	2.800	3.300	3.925	4.450	5.025	5.475	5.750
Total	♂	36	Mean value		0.453 ±0.005	0.784 ±0.067	1.481 ±0.033	2.056 ±0.025	2.506 ±0.037	3.222 ±0.021	3.656 ±0.011	3.976 ±0.006	4.175 ±0.021	5.750
	♀	29			0.324 ±0.006	1.470 ±0.017	2.123 ±0.028	2.662 ±0.030	3.227 ±0.022	3.833 ±0.041	4.343 ±0.027	4.931 ±0.033	5.429 ±0.010	

Table 155. Estimated total length when the ring formed calculated by the Lea's equation, in *M. cinereus*.

No. of rings	Sex	Calculated total length (cm)									
		l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	l ₈	l ₉	l ₁₀
3	♂	9.190	16.813	31.650							
4	♂	9.310	15.416	29.797	41.127						
5	♂	8.070	14.227	24.650	36.258	44.105					
	♀	±0.271	±0.351	±0.621	±0.649	±0.496					
6	♂	8.198	13.023	25.550	34.802	44.881	58.968				
	♀	±0.243	±0.410	±1.051	±0.653	±0.773	±1.150				
7	♂	11.053	26.808	39.353	48.571	58.028	68.244				
	♀	±0.102	±0.957	±1.405	±1.135	±1.157	±1.349				
8	♂	7.258	12.131	23.285	33.574	41.941	53.251	60.434			
	♀	±0.312	±0.923	±0.667	±0.573	±0.431	±0.815	±0.703			
9	♂	10.655	27.198	37.478	46.508	55.277	66.932	75.660			
	♀	±0.093	±0.703	±0.457	±0.594	±0.753	±0.809	±1.001			
10	♂	7.401	14.600	27.713	37.655	45.324	56.586	66.229	67.923		
	♀	±0.253	±0.614	±1.011	±0.677	±0.809	±0.114	±0.772	±0.675		
11	♂	10.479	28.204	37.948	48.115	58.398	65.990	74.770	82.491		
	♀	±0.085	±0.324	±0.524	±0.479	±1.095	±1.087	±1.018	±1.147		
12	♂	6.949	12.625	24.725	33.250	40.975	51.150	59.573	63.408	66.778	
	♀	±0.250	±0.668	±4.047	±1.040	±0.769	±0.371	±0.368	±1.686	±0.242	
13	♂	10.208	29.373	38.891	48.261	55.863	65.423	37.701	81.918	89.226	
	♀	±0.072	±0.746	±0.953	±0.755	±0.672	±0.728	±0.809	±1.011	±0.728	
14	♂	10.815	30.036	41.761	49.331	57.373	68.601	75.847	86.565	90.848	99.051

Mean	δ	8.053 ± 0.209	14.133 ± 0.604	26.767 ± 0.722	36.111 ± 0.722	43.446 ± 0.526	54.988 ± 0.944	62.075 ± 0.966	65.665 ± 0.911	66.778 ± 0.742	
value	φ	10.642 ± 0.087	28.324 ± 0.465	39.188 ± 0.425	48.158 ± 0.243	56.988 ± 0.364	67.038 ± 0.378	74.995 ± 0.253	83.656 ± 0.641	90.035 ± 0.384	99.051

な差を生じ、さらに第5輪形成時には13.5 cm、第6輪形成時には12.1 cm、第7輪形成時には12.9 cm、第8輪形成時には17.9 cm、第9輪形成時には23.3 cmと著しい差を示している。また、実測全長と推算全長の差 ($l_n - L_n$) を比較すると第156表に示す通りである。

Table 156. Difference between observed and calculated total length in *M. cinereus*. l_n ; observed, L_n ; calculated, in cm.

Age group	Male			Female		
	l_n	L_n	$l_n - L_n$	l_n	L_n	$l_n - L_n$
2	39.8	26.8	13.0	—	—	—
3	46.8	36.1	10.7	—	—	—
4	50.7	43.5	7.2	—	—	—
5	59.2	55.0	4.2	74.5	67.0	7.5
6	63.7	62.1	1.6	81.9	75.0	6.9
7	70.9	65.7	5.2	86.4	83.7	3.7
8	71.7	66.8	4.9	91.4	90.0	1.4
9	—	—	—	102.5	99.1	3.4

すなわち雄の第2・第3・第4輪および雌の第5・第6輪において差が大きいのはハモの成長が Lea氏現象を著しく表わすためと思われる。

4. 年 令 の 決 定

まず供試標本と同一水域で漁獲されたハモの全長組成をしらべ、実測全長分布と推算全長分布を比較すると第81図の通りである。

雄における輪群別推算全長分布と実測全長分布の峯は低年魚では明らかでないが、第4輪群・第5輪群・第6輪群・第7輪群においてはほぼ一致している。第8・第9輪群の高年魚では資料が少ないので明確でない。

雌においては各輪群ともに実測全長分布の峯とはほぼ一致している。以上の結果から全長分布の峯と輪群別全長分布の峯の一致する点から輪数で年令を表わし得ると思われる。そして薄片標本における中心部の不透明な核部はレプトセファルス期のもので、その外側の第1輪形成時の推算全長を求めると雄の平均値は8.1 cm、雌では10.0 cmを示した。

内田 (1932) によるとハモが変態期を脱した直後の体長は7.4 cm であるから、これよりいくらか大きい値を示すが、この値は変態後の全長とはほぼ一致することから、輪群 (n) から1を減じたものを年令とすることができると推定する。

以上の結果および孵出時期、推算全長の結果を併せて考えると、年令別全長範囲および平均全長は第157表に示すように考えるのが妥当のようである。

多々良 (1952) は紀伊水道産のハモで輪紋を1個もつ年級群の平均全長が雌雄とも7月に475 mm に達することを認めたが、著者の観察結果では5月から7月頃に全長20~30 cm 前後の未成魚が沿岸水域で曳網、打瀬網などにかなり多数出現することおよびそれが当才魚とは考えられないこと、そして全長30 cm 以下に

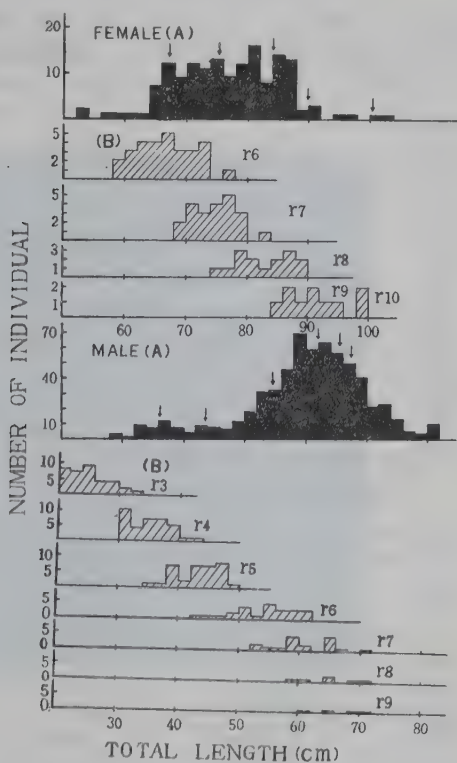


Fig. 81. Frequency distribution of the observed total length (A) and calculated total length (B) in each ring group of *M. cinereus*.

Table 157. The range and mean value of the calculated total length at the time of formation of each ring, in *M. cinereus*.

Age	Sex	Male		Female	
	Total length(cm)	Range	Mean value	Range	Mean value
1		9.514~17.199	14.133± 0.604	20.380~33.289	28.324± 0.465
2		19.773~33.616	26.767± 0.722	30.220~48.350	39.188± 0.425
3		30.369~42.165	36.111± 0.722	38.460~55.950	48.158± 0.243
4		35.850~48.864	43.446± 0.526	49.540~66.470	56.988± 0.364
5		42.821~69.697	54.988± 0.944	58.692~76.060	67.038± 0.378
6		52.722~70.105	62.075± 0.966	68.826~81.565	74.995± 0.253
7		59.150~70.314	65.665± 0.911	75.371~88.347	83.656± 0.641
8		61.865~70.665	66.778± 0.742	85.556~94.913	90.035± 0.384
9				98.655~99.448	99.051 —

も全長の頻度分布に山があるようにみられること、さらに 35.0 cm 前後および 45.0 cm 前後にそれぞれ山があるように考えられることなどから、多々良 (1952) の結果は大きいように思われる。

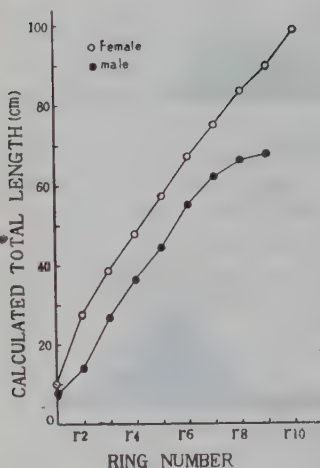


Fig. 82. Showing the growth curve of *M. cinereus* taken from Suō-nada.

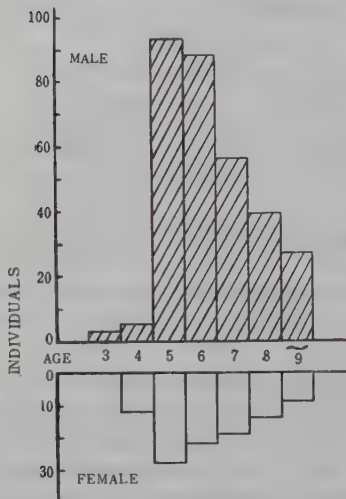


Fig. 83. Age composition of specimens in the spawning shoal of *M. cinereus* in Suō-nada.

B. マ ア ナ ゴ

1. 年令に關する輪紋の決定

耳石の薄片標本の輪相をみると、中央に不透明な核部があり、これを中心として同心円的に透明帯と不透明帯が交互に現われている。そして不透明帯の外縁は比較的明瞭であって、透明帯域とよく分離し、輪紋が形成され、その配置が安定している。しかも耳石縁辺に不透明帯がみられるのは2月・3月の時期であり、

5. 成長度

各年輪形成時の平均全長によって成長度を検討すると第82図のようである。

すなわち雌が雄より成長がよく、雄の第3輪形成時の平均全長26.8 cmに対し、雌では第2輪形成時すでに28.3 cmに達している。つまり、第2輪形成時すでにおよそ1年の全長差がある。そして第3輪以後第7輪までは両性間にはほぼ一定した差でもって成長している。しかし第7輪形成以後はしだいに雄の成長が悪くなり、雌との間にかなりのひらきが生ずる。

大滝ほか(1954)は東支那海産スズハモの雌雄間の成長差について、両者は4才群に至るとすでにかなり肛長に差がみられ、これ以上の年令群ではほぼ雌が雄より1年以上の大きい肛長を示すことを報告しているが、このような雌雄間の顕著な差は本水域のハモについても同じような傾向を認めることができる。

6. 産卵期における産卵群の年令組成

上述の年令査定の結果から周防灘中部水域で産卵期に漁獲される魚体の年令組成を求め、産卵場における産卵群の年令組成を検討した。すなわち産卵期に漁獲された個体群の年令組成は第83図のようで、雌雄ともに5才魚以上の高年魚が多く、全体の95.5%を占め、4才魚以下はわずかに4.9%に過ぎない。

性別にみると、雄では5才魚がもっとも多く、全体の29.9%を、6才魚が28.2%、5才および6才魚が全体の58.1%を、また4才および7才魚が全体のおよそ19%をそれぞれ占める一方、雌では5才魚が全体の27.1%、6才魚21.3%で、これら5才および6才魚の高年魚が48.5%を占めている。

ところでこの雌雄の差は、雄が早熟なためで、雄ではすでに3才魚から産卵群に添加しているが、雌では4才魚が始めて産卵群に加わるものと推察される。

多々良(1952)は紀伊水道水域にすむハモについて5月、7月、11月の魚群の年令組成を求め、各月とも2才魚が多く高年魚になるにしたがって少なくなることを報告している。この結果と著者がしらべた上述の相違は水域のちがいが、とりわけ産卵群とそうでない群との特異性を示しているように思われる。

また、ハモのように産卵輪と思われるものがない。したがって第85図のような不透明帯と透明帯の境界線を年令に因与する輪紋として核心部の中心を通る最長軸において中心からこの軸が各輪紋を切る点までの距離をそれぞれ測定して吟味した。

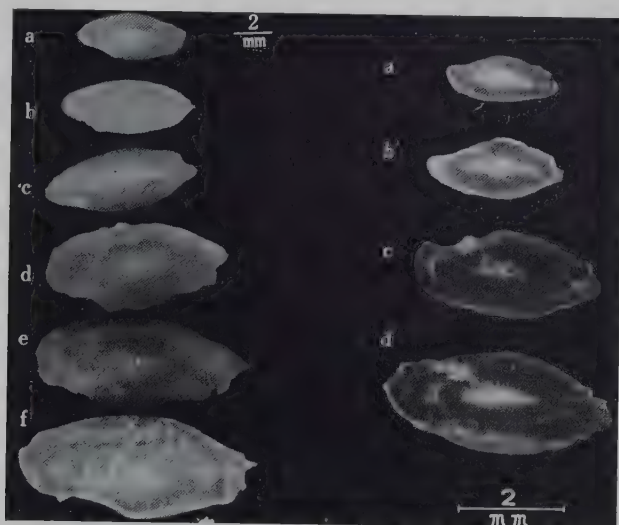


Fig. 84. Comparison of the unpolished (a~f) and the polished otolith (a'~d') of *C. myriaster*. Total length in cm: a, 22.10; b, 32.70; c, 38.65; d, 51.25; e, 60.60; f, 81.50; a', 24.50; b', 33.20; c', 48.30; d', 62.70; body weight in g: a, 12.0; b, 40.0; c, 87.0; d, 250.0; e, 386.0; f, 894.0; a', 16.5; b', 45.0; c', 198.0; d', 380.0.

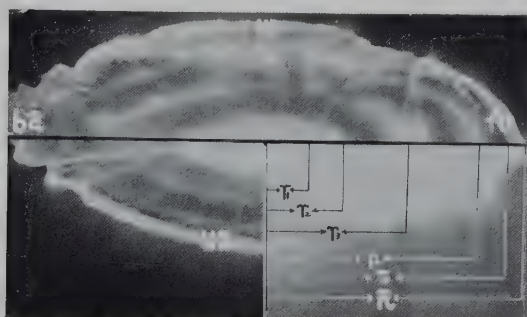


Fig. 85. The measured position in otolith of *C. myriaster*. Up, upper side; fo, fore side; ba, back side; un, lower side; R, size of otolith; r, radii of rings.

2. 耳石半径と体の全長との関係

全長 (L) cm と耳石半径 (R) cm の関係を示すと第 86 図の通りである。すなわち性別に直線回帰式を求めると

- 性別不明, $L = 148.13R - 1.68 \cdots \cdots (1)$
- 雌, $L = 206.88R - 7.24 \cdots \cdots (2)$
- 雄, $L = 160.25R - 1.67 \cdots \cdots (3).$

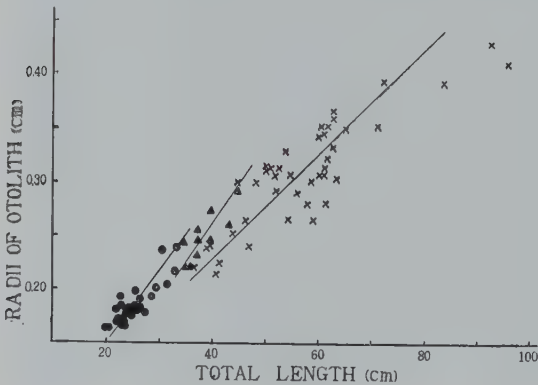


Fig. 86. Relation between the total length and radius of otolith in *C. myriaster*. Dot, sex unknown; triangle, male; cross, female.

3. 各輪形成時の推算全長

供試材料81個体について各輪紋までの距離 (r) と耳石半径 (R) を輪群別に測定し、かつ雌雄別に各輪級の平均値を求めると第 158 表となる。さらに各輪形成時の全長を Lea の補正式を用いて性別に求めると第 159 表となる。

Table 158. Average length of otolith and radius of rings(r_1, r_n), in *C. myriaster*. R, radius of otolith.

No. of ring	Sex	No. of sample	Total length (mm)		Radii of rings (mm)								
			Range	Mean value	r_1	r_2	r_3	r_4	r_n	r_n	r_7	r_8	R
2		10	196~227	216.1 ±5.3	0.673 ±0.021	1.136 ±0.012							1.705 ±0.010
			226~350	259.1 ±5.3	0.653 ±0.013	1.093 ±0.026	1.744 ±0.013						1.940 ±0.020
3	♂	6	349~393	367.1 ±6.0	0.640 ±0.007	1.035 ±0.015	1.875 ±0.015	2.315 ±0.029					2.433 ±0.022
			364~504	432.8 ±5.5	0.671 ±0.002	1.060 ±0.012	1.799 ±0.021	2.045 ±0.030					2.550 ±0.032
4	♀	11	393~445	423.2 ±8.4	0.666 ±0.007	1.066 ±0.012	1.730 ±0.033	2.173 ±0.040	2.453 ±0.031				2.663 ±0.047
			507~623	590.3 ±5.9	0.663 ±0.003	1.104 ±0.011	1.883 ±0.018	2.342 ±0.033	2.804 ±0.032				3.057 ±0.040

6	♂												
	♀	7	616~ 713	644.0 ±5.3	0.650 ±0.006	1.151 ±0.020	1.943 ±0.029	2.413 ±0.037	2.948 ±0.041	3.311 ±0.040			3.473 ±0.056
7	♂												
	♀	2	720~ 815	767.5	0.660	1.060	1.995	2.315	3.075	3.465	3.815		3.930
8	♂												
	♀	2	933~ 963	947.5	0.600	0.995	1.650	2.315	2.795	3.315	3.650	4.000	4.200
		30			0.661 ±0.005	1.114 ±0.045	1.744						
		9			0.651 ±0.005	1.051 ±0.010	1.802 ±0.034	2.244 ±0.033	2.453				
Total	♂				0.648 ±0.007	1.074 ±0.015	1.854 ±0.024	2.286 ±0.054	2.905 ±0.040	3.360 ±0.034	3.733 ±0.041	4.000	
	♀	42											

Table 159. Estimated total length when the ring is formed, calculated by the Lea's equation, in *C. myriaster*.

No. of ring	Sex	No. of sample	Calculated total length (cm)							
			l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆	l ₇	l ₈
2		10	7.554 ±0.106	13.779 ±0.198						
3		20	7.591 ±0.126	14.492 ±0.234	24.263 ±0.425					
4	♂	6	8.404 ±0.113	14.598 ±0.349	27.801 ±0.316	35.752 ±0.578				
	♀	11	6.204 ±0.467	14.181 ±0.427	28.292 ±0.793	37.338 ±0.589				
5	♂	3	9.455 ±0.253	15.031 ±0.623	27.008 ±0.546	34.193 ±0.674	39.776 ±0.117			
	♀	20	6.843 ±0.169	15.926 ±0.407	30.461 ±0.593	41.912 ±0.458	52.170 ±0.465			
6	♀	7	6.156 ±0.269	16.445 ±0.411	33.266 ±0.876	43.691 ±0.886	53.448 ±0.943	61.326 ±0.607		
7	♀	2	6.864 ±0.404	15.439 ±0.539	35.393 ±0.472	44.450 ±0.675	58.465 ±1.235	66.885 ±1.832	74.610 ±1.308	
8	♀	2	7.341 ±2.022	16.881 ±0.472	32.721 ±0.674	48.829 ±0.473	60.445 ±1.384	73.143 ±0.943	81.356 ±0.094	90.036 ±0.674
		30	7.573 ±0.135	14.145 ±0.148	24.263 ±0.425					
Total	♂	9	8.929 ±0.121	14.814 ±0.317	27.404 ±0.297	34.972 ±0.448	39.776 ±0.117			
	♀	42	6.682 ±0.203	15.774 ±0.477	32.026 ±0.475	43.244 ±0.617	56.132 ±0.569	67.116 ±1.348	77.983 ±4.044	90.036 ±0.674

4. 年令の決定

まず、年令査定に供試した標本と同一水域で漁獲されたマアナゴの全長組成をしらべ、実測全長分布(第160表)を比較すると第87図の通りである。

Table 160. Distribution of estimated total length (TL, cm) in each ring group, in *C. myriaster*.

TL	4.0~	5.0~	6.0~	7.0~	8.0~	9.0~	10.0~	
r ₁	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	Mean value 7.383±0.108
Freq.	5	8	13	26	24	4	1	

r ₂		TL	10.0~ 11.0	11.0~ 12.0	12.0~ 13.0	13.0~ 14.0	14.0~ 15.0	15.0~ 16.0	16.0~ 17.0	17.0~ 18.0	18.0~ 19.0	19.0~ 20.0	20.0~ 21.0	
		Freq.	2	2	6	17	19	10	10	7	6	1	1	
Mean value 14.988±0.202														
r ₈		TL	19.0~ 20.0	20.0~ 21.0	21.0~ 22.0	22.0~ 23.0	23.0~ 24.0	24.0~ 25.0	25.0~ 26.0	26.0~ 27.0	27.0~ 28.0	28.0~ 29.0	29.0~ 30.0	30.0~ 31.0
		Freq.	1	2	5	—	5	1	6	6	6	5	4	5
31.0~32.0 9														
32.0~33.0 0														
33.0~34.0 2														
34.0~35.0 2														
35.0~36.0 2														
36.0~37.0 1														
37.0~38.0 1														
38.0~39.0 1														
Mean value 29.498±0.371														
r ₄	♂	TL	31.0~ 32.0	32.0~ 33.0	33.0~ 34.0	34.0~ 35.0	35.0~ 36.0	36.0~ 37.0	37.0~ 38.0	38.0~ 39.0				
		Freq.	1	1	2	2	1	1	0	1				
r ₄	♀	TL	31.0~ 32.0	32.0~ 33.0	33.0~ 34.0	34.0~ 35.0	35.0~ 36.0	36.0~ 37.0	37.0~ 38.0	38.0~ 39.0	39.0~ 40.0	40.0~ 41.0	41.0~ 42.0	42.0~ 43.0
		Freq.	1	0	2	1	3	2	2	2	4	2	6	4
43.0~44.0 4														
44.0~45.0 2														
45.0~46.0 1														
46.0~47.0 3														
47.0~48.0 0														
48.0~49.0 1														
49.0~50.0 3														
Mean value 43.244±0.617														
r ₅	♂	TL	37.0~ 38.0	38.0~ 39.0	39.0~ 40.0	40.0~ 41.0								
		Freq.	1	0	1	1								
Mean value 39.776±0.117														
r ₆	♀	TL	46.0~ 47.0	47.0~ 48.0	48.0~ 49.0	49.0~ 50.0	50.0~ 51.0	51.0~ 52.0	52.0~ 53.0	53.0~ 54.0	54.0~ 55.0	55.0~ 56.0	56.0~ 57.0	57.0~ 58.0
		Freq.	2	0	2	1	3	6	3	2	2	2	4	2
58.0~59.0 0														
59.0~60.0 1														
60.0~61.0 1														
Mean value 56.132±0.569														
r ₆	♀	TL	58.0~ 59.0	59.0~ 60.0	60.0~ 61.0	61.0~ 62.0	62.0~ 63.0	63.0~ 64.0	64.0~ 65.0	65.0~ 66.0	66.0~ 67.0	67.0~ 68.0	68.0~ 69.0	69.0~ 70.0
		Freq.												
71.0~72.0 72.0														
72.0~73.0 73.0														
73.0~74.0 74.0														
74.0~75.0 75.0														
75.0~76.0 1														
Mean value 67.116±1.341														
r ₇	♀	TL	69.0~ 70.0	70.0~ 71.0	71.0~ 72.0	72.0~ 73.0	73.0~ 74.0	74.0~ 75.0						
		Freq.	1	1	0	2								
Mean value 77.983±4.044														
r ₈	♀	TL	88.0~ 89.0	89.0~ 90.0	90.0~ 91.0	91.0~ 92.0								
		Freq.	1	0	0	1								
Mean value 90.036±0.674														

Freq. = Frequency

Freq. = Frequency

輪群別の推算全長分布と実測全長分布の峯は、雄では資料が少ないので不完全であるが性別不明の低年魚および雌ではほぼ一致していると思われる。

これらのうち、同一輪群に峯が数多くみられるばあいがあるが、これは産卵期が長期にわたるため（第四章、生殖生態に関する研究）、早生のもものと晩生のもとのによる相違、あるいは個体による成長の良否に起因するものではないかと思われる。

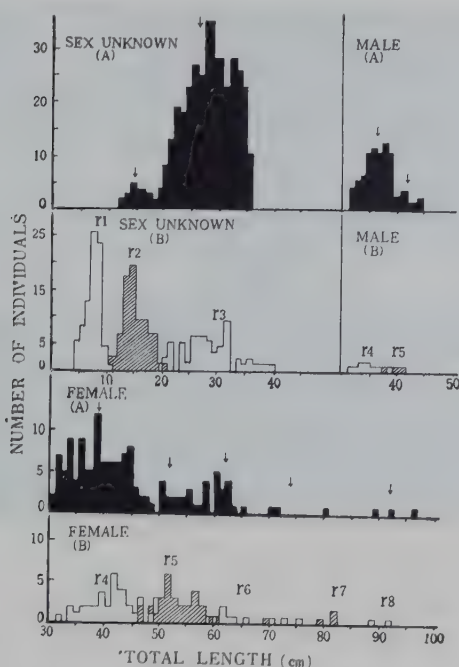


Fig. 87. Frequency distribution of the observed total length (A) and calculated one (B) of each ring group, in *C. myriaster*.

以上のように全長分布の峯と輪群別全長分布の峯とがほぼ一致するので、輪数をもって年令を表わし得ると考える。そして、1輪群の推算全長は第159表の示すように、4.8~10.4 cm、その平値は7.38 cmで、この値は変態直後の全長に該当し、第1輪までの不透明帯(核部)はレフトセフェルス期のものと考えられ、したがって、輪数(n)から1を減じた数を年令として認めることになる。すなわち、第2輪群は1年魚、第3輪群は2年魚、同様に第8輪群は7年魚である。結局、n輪群は(n-1)年魚群である。よって各年魚の性別による全長範囲および平均全長は第161表の通りである。

Table 161. The range and mean value of calculated total length(cm) of each age group, in *C. myriaster*.

Age	Sex unknown		Male		Female	
	Range	Mean value	Range	Mean value	Range	Mean value
1	10.089~20.229	14.988±0.202				
2	19.063~39.578	29.498±0.371				
3			31.689~38.065	34.972±0.448	31.806~49.390	43.244±0.617
4			37.234~40.240	39.776±0.117	46.058~60.498	56.132±0.569
5					58.635~75.295	67.116±1.348
6					69.981~81.606	77.983±4.044
7					88.620~91.453	90.036±0.674

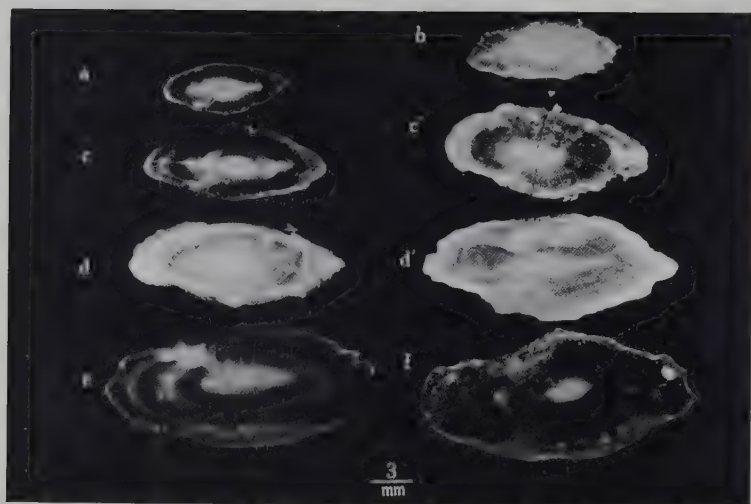


Fig. 88. Showing the otolith of *C. myriaster* in each age. a, 1 age (TL, 19.65; BW, 9.20); b, 2 age (TL, 31.65; BW, 39.00); c, 3 age (TL, 34.90; BW, 53.00) ♂; c, 3 age (TL, 45.40; BW, 115.00) ♀; d, 4 age (TL, 44.45; BW, 123.00) ♂; d', 4 age (TL, 53.45; BW, 178.00) ♀; e, 5 age (TL, 62.72; BW, 380.00) ♀; f, 6 age (TL, 81.50; BW, 894.00) ♀. TL in cm; BW in g.

5. 成 長 度

年令別の平均全長にもとづいて、成長傾向をみると第90図の通りである。このばあい0年魚は上述のように、耳石が形態的に完成された時期、すなわち変態期を脱したときの全長を示す。

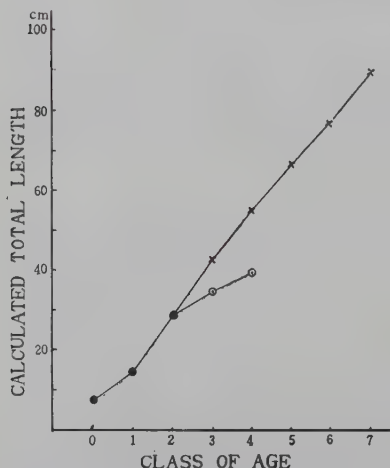


Fig. 89. The growth curve of *C. myriaster*. Dot, sex unknown; double circle, male; cross, female.

各年群別の全長の伸びは、1年魚でおよそ7.6 cm, 2年魚で14.6 cm, 3年魚は雄5.5 cm, 雌18.7 cm, 4年魚では雄4.8 cm, 雌12.9 cmをそれぞれ示す。すなわち1年から2年にかけて全長は最長の伸長率を示している。3年魚になって性別の判定ができるころになると、雄における全長の伸長率はしだいに減少するが、雌では前者と異なり、5年で11.0 cm, 6年に10.0 cm, 7年に11.9 cmと比較的安定した全長の増加を示す。また、雌雄別にもと3年で雌は43.2 cm, 雄34.9 cmで、その差は約8.2 cmを示している。さらに4年では雌56.1 cm, 雄39.8 cmとなり、その差はおよそ16.3 cmとなる。

以上のように、各輪紋形成に至るまでの全長の伸びは雌が雄に比してはるかに大きく、成長が良好である。

6. 年 令 組 成

年令査定の結果にもとづいて、周防灘中部水域で漁獲されるマリアゴの年令組成について考察すると以下の通りである。まず水深20～50 mの沖合および島の周辺水域で漁獲された328尾（全長22.10～95.90 cm）と、10 m以浅の内湾水域で漁獲された299尾（全長12.05～89.40 cm）の全長組成を求め、これと年令別推算全長を比較（第90図）すると、内湾水域から得た1年魚の全長分布の峯とはほぼ一致する。しかし、沖合水域では1年魚に相対する全長を示す個体群は現われなかった。2年魚では両者ともに数個の峯がみられるが、ほぼ一致している。3年魚では全長37～38 cmの範囲にも峯が認められる。これは4年魚の雄が含まれている結果と考えられる。4年魚・5年魚の各群はよく分離し、推算全長分布の峯とはほぼ一致している。

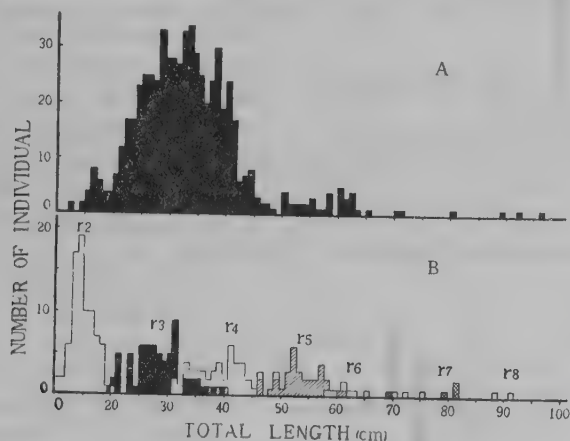


Fig. 90. Frequency distribution of the observed total length (A), and calculated one (B), of each ring group, in *C. myriaster*.

6年魚以上の高年魚においては、出現数が少ないので判然としないが8年魚まではほぼ一致しているようである。

そこで、内湾および沖合水域でそれぞれ漁獲された個体群の分布と上述の年令査定によって求められた各年令群の全長範囲（第161表）とを比較し、後者で示されている重なった部分に出現する個体群の尾数を等分

Table 162. Mean value of total length and number of individuals in each age group of *C. myriaster*, taken from Suō-nada.

Age	Range	Hirao bay			Off-shore		
		Mean value	Number	%	Mean value	Number	%
1	12.05～20.00	17.43±0.27	30	10.07			
2	20.05～35.20	28.40±0.14	252	84.56	32.92±0.25	110	33.43
3	36.63～48.70	40.17±0.21	16	5.37	41.24±0.45	172	52.28
4	50.32～58.90				51.50±0.53	27	8.21
5	60.60～71.30				62.46±0.35	15	4.56
6	72.00～81.50				76.75	2	0.61
7	89.40～95.90				94.60	3	0.91
Total			298			329	

し、これをそれぞれ上下の年令群に編入して、水域別の年令組成を求めると第 162 表および第 91 図に示す通りである。

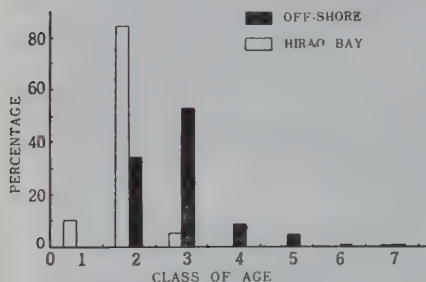


Fig. 91. Age composition of *C. myriaster* taken from Hirao Bay and its off-shore of Suo-nada.

さらに第 162 表の水域別年令組成を月別に検討すると第 92 図の通りである。

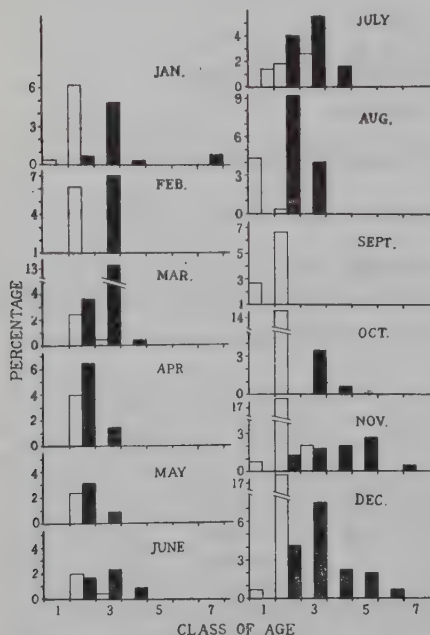


Fig. 92. Monthly variation of the age composition of *C. myriaster*, in two fishing grounds in Suo-nada, □, Hirao Bay; ■, off-shore.

すなわち、1 年魚は内湾水域では漁獲に現われているが、沖合水域では出現していない。2 年魚は内湾では高率に現われ全体の 84.6% を占める。一方、沖合水域でも比較的高率に出現し、全体の 33.4% を示すが、4 月・5 月・9 月の各月ではとくに 2 年魚が高率に漁獲される。3 年魚は内湾では少なく、わずかに 5.4% を占めるにすぎない。これに対して沖合水域では 52.3% を示す。そして 4 年魚以上のものは調査範囲では内湾水域ではみられない。沖合水域でもそれらの出現率はきわめて低くなり、4 年魚は 8.2%、5 年魚は 4.6%、6 年魚は 0.6%、7 年魚は 0.9% と高年魚になるにしたがって減少する。つまり、内湾では若年魚が多く、沖合では比較的高年魚が多く漁獲される。

すなわち内湾水域では、1 年魚は全体のおよそ 10% を占め、7 月に 1.3%、8 月に 4.3%、9 月に 2.7%、さらに 11 月、12 月に 0.7% の出現率をそれぞれ示した。しかし、沖合水域では 1 年魚は周年を通じて漁獲に現われていない。2 年魚は内湾水域では 1 月、2 月にそれぞれ 6.4% 出現し以後 8 月までしだいに減少し、8 月にはわずか 0.3% で最低の出現率を示す。しかし 9 月からしだいに増加する傾向が認められ、12 月では年間最高の出現率を示した。一方、沖合水域では 1 月および 2 月に少なく、3 月に 3.4%、4 月には 6.5% とわずかに増加を示しているが、5 月と 6 月には減少している。しかし 7 月から再び増加し、8 月には 9.4% を示した。9 月と 10 月にはみられないが、11 月と 12 月に出現率は増加する傾向が認められる。すなわちこの水域で漁獲に現われる 2 年魚は年間 3 回の周期をもって出現し、内湾水域における同年令の群と比較すると対照的で、内湾に多くなれば沖合が少なくなり、沖合が多くなれば内湾が少なくなる傾向が認められる。このことから同年令魚群の季節的な小移動（瀬戸内海漁業調整事務局、1956）があるように思われる。3 年魚においては内湾水域で 3 月および 6 月

にわずかに出現し、また7月と11月にそれぞれ2.7%と2.0%を示したに過ぎない。これに対して沖合水域では1月に4.8%、2月に7.1%、3月に13.2%と増加し、3月にもっとも高い出現率を示す。しかし4月に入ると減少し、5月には0.94%を示し、さらに6月と7月にやや上昇傾向を示すが、それ以後は再び減少し、初冬期の11月・12月に入ってしだいに増加する傾向がみられる。すなわち沖合水域の3年魚群には年間3回の出現周期が認められる。4年魚は内湾水域ではまったく漁獲に現われていない。沖合水域では1月、3月6月、7月、11月および12月にわずかに出現している。5年魚は沖合水域で11月・12月にそれぞれ2.2%・1.8%の出現率を示した。6年魚も同じく沖合水域で12月にわずか0.6%、7年魚は沖合水域で11月に出現している。かように6年以上のものの漁獲率はきわめて低く、本調査においてもこうした大型魚は内湾水域では出現せず、沖合水域に属する水深20~30 mの島の周辺水域でのみ漁獲があり、しかも秋・冬の期間に出現する率が高い。

摘 要

1. 周防灘中部水域に生息するハモおよびマアナゴの年令に関する研究を行い、その結果にもとづいて、ハモの産卵群の年令組成およびマアナゴの水域別年令組成についてしらべた。
2. 両者ともに、冬から春の期間に形成された輪紋によって年令を査定した。
3. 耳石半径(R)と全長(L)との関係は、ハモでは

$$\text{雌, } L = 161.03R + 55.92 \text{ (mm)}$$

$$\text{雄, } L = 147.01R + 91.60 \text{ (mm)}$$

マアナゴでは

$$\text{性別不明, } L = 148.13R - 1.68 \text{ (cm)}$$

$$\text{雌, } L = 206.88R - 7.24 \text{ (cm)}$$

$$\text{雄, } L = 160.20R - 1.67 \text{ (cm)}$$

でそれぞれ示される。

4. 各輪形成時の平均全長はハモでは第155表、マアナゴでは第159表の通りである。
5. 年令別平均全長および範囲はハモでは第161表、マアナゴでは第162表に示す通りである。
6. 成長度はハモでは雄より雌がよく、第2輪形成時すでに両者間で1年の全長差を生じ、第3輪以後第7輪形成まではほぼ同じような差をもって成長するが、それ以後では雄の成長は雌に比して悪くなる。マアナゴでは1年魚から2年魚になるまでの間がもっとも伸びがよく、3年魚以上では雌雄ともにほぼ安定した成長を示す。
7. ハモの産卵群は雌雄ともに5才魚および6才魚、マアナゴでは内湾の浅海水域では2才魚、それより沖合の水域では3才魚がそれぞれ主体をなす。

第三章 食 性 Chapter III. Food habits

ま え が き

捕食の状態は捕食魚自体の成長・繁殖・回遊などと密接な関連があるとともに資源の変動に基本的な影響をおよぼす。したがって餌料生物の質および量的内容、捕食習性などを究明することは捕食魚の生態を知り、資源の増殖をはかる上にきわめて重要なことである。

魚類においてこのような研究は多いが、日本産のウナギ目魚類に関する限り業績はきわめて少なく、末広(1942)、西海区水産研究所(1953, '55)、宇都宮(1954)、大滝ほか(1954)、野中(1956)、富山(1956)、浅

野 (1956) らによる断片的な研究がみられるに過ぎない。

著者は周防灘水域に生息するハモおよびマアナゴの食性をしらべ、とくに前者では始漁期 (5月～6月) における捕食内容、産卵期の捕食習性などについて、後者では伸長期と変態期の仔魚および稚魚の捕食習性、未成魚および成魚の各生息場所における食餌の内容組成などを重点的にしらべた。

実験の材料および方法

ハモは1953年から1957年にわたる間、周防灘中部水域で小型底曳網、打瀬網および延縄などで漁獲されたものを対象として調査した。すなわち産卵期の食性については1954年8月中旬から9月初旬に採集した全長35.3～97.4 cmの124尾の標本を用い、また始漁期の調査は1953年5月から6月の間に全長60 cm以下の比較的小型 (全長34.2～59.7 cm) の魚169尾を主としてしらべ、別に60 cm以上のもの36尾 (全長62.8～112.0 cm) を採集してそれらの比較に用いた。

マアナゴでは、レプトセファルス期仔魚について、1956年1月から5月の間、周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡田布施町馬島周辺水域で、カタクチイワシやイカナゴを漁獲する船曳網によって漁獲されたものを用いた。未成魚と成魚は1952年8月から1956年4月の間に、光市牛島周辺水域および平生湾でそれぞれ小型底曳網およびアナゴ籠などで漁獲された全長8.20～84.50 cmの資料360尾を用いた。標本はいずれも10%のホルマリンで固定し、魚体重と内容物の重量は湿重量をはかり、それに対する胃内容物の比率 (R) は中井ら (1955) がイワシ類の調査で採用した方法、すなわち次式を用いた。

$$R_i = \bar{S}_i / \bar{W}_i = \left(1/n_i \sum_{j=1}^{n_i} S_{ij} \right) / \left(1/n_i \sum_{j=1}^{n_i} W_{ij} \right)$$

ただし; R_i : i 番目の標本体重と胃内容湿重比、 n_i : i 番目の標本数。

S_i : i 番目の標本の平均胃内容重量 (g)、 S_{ij} : i 番目の標本の j 番目の魚体の胃内容物湿重量 (g)。

W_i : i 番目の標本の平均体重 (g)、 W_{ij} : i 番目の標本の j 番目の魚体の体重 (g)。

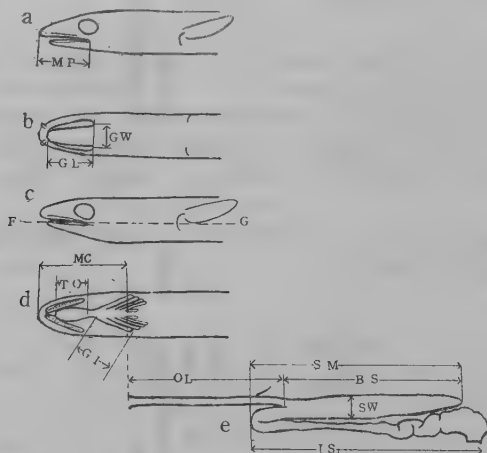


Fig. 93. Showing the measurements of various parts of the digestive system in *C. myriaster* and *M. cinereus*. BS, length of blind sac; GL, length of gill arch; GL, length of lower jaw; GW, width of mouth; IS, length of intestine; MC, length of mouth; MP, length of upper jaw; OL, length of oesophagus and cardiac stomach; SM, length of blind sac and pyloric stomach; SW, width of blind sac; TO, length of tongue.

内容物の査定は肉眼で識別した。なお、消化が進んで粘液状となり、査定ができないばあいには、これを消化とし、また、胃内に全く内容物がなく、内壁に皮皺が形成されているような状態を空虚として扱った。消化系の各部の測定は上顎の長さ (MP)、下顎の長さ (GL)、口幅 (GW)、舌の長さ弓 (TO)、鰓の長さ (GI)、食道と噴門部の長さ (OL)、盲嚢と幽門部の長さ (SM)、盲嚢の長さ (BS)、盲嚢の幅 (SW)、直腸を含む小腸の長さ (IS)、上咽頭骨の長さ (UP)、下咽頭骨の長さ (LP)、腸を伸ばしたときの全体の長さ (IT) などについて行った (第93図)。

実験結果

A. ハモ

1. 消化系各部の大きさ

ハモの口裂は著しく大きく口器は分類学上の特徴形質として採択されているようにはなはだ特異で、とくに前上顎骨域および下顎の先端部には大きく鋭い犬歯があり、さらに鰓骨域には発達した3歯列を形成し、その中央列には3尖頭の犬歯がある。舌は短いがよく肥厚し、上下咽頭歯は発達し、その基板は上鰓骨と下鰓骨によって強固に支持されている。食道は短いが内径は大きく、さらに胃はト状型で大きく、強靱で伸縮性に富む。小腸部は比較的細くなっているが長く、中途からよじれ内壁には多くの粘膜褶皺が形成され、栄養物質の吸収面ははなはだ大きい。また、直腸部は膨れて大きい。以上述べた消化系各部の大きさを全長に

Table 163. Showing dimensions of various parts of the digestive organ in relation to total length of the body in *M. cinereus*. Abbreviations are same as in Fig. 93.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TI/GL	11.79~17.73 (43)	13.70±0.13	1.24±0.09	9.05±0.54
TL/GW	28.13~45.09 (43)	33.26±0.48	4.69±0.34	14.10±1.02
TL/TO	58.45~177.09 (43)	75.11±2.08	20.27±1.47	2.69±0.19
TL/MC	6.66~8.72 (43)	7.62±0.51	0.49±0.36	6.43±0.44
TL/GI	20.00~99.18 (43)	24.02±0.21	2.03±0.15	8.45±0.61
TL/UP	44.10~60.33 (43)	52.88±0.43	4.17±0.30	7.89±0.57
TL/LP	28.72~47.74 (43)	40.35±0.40	3.86±0.28	9.57±0.69
TL/OL	8.39~17.73 (43)	12.80±0.23	2.27±0.17	17.73±1.29
TL/IT	3.04~5.48 (39)	3.74±0.06	0.58±0.04	1.55±0.02
TL/IS	4.18~8.01 (40)	4.68±0.07	0.66±0.05	14.10±1.06
TL/SM	3.50~12.13 (40)	4.71±0.14	1.32±0.10	28.02±2.11
TL/BS	3.57~12.41 (40)	4.84±0.14	1.31±0.10	27.06±2.04
TL/SW	30.00~146.38 (40)	71.50±2.90	26.88±2.32	37.59±2.87

に対する数率で示すと第163表となり、体の大きさと数率の相関関係をみると第164表の通りである。すなわち全長に対する各形質の数率はおよそ全長が大きくなるにしたがって増加する傾向があり、各形質の数率の平均値はおよそ全長50~70 cmの個体をもつ数率であることがわかる。

Table 164. Correlation table between the total length (cm) of body and dimensions of each part of the digestive system in *M. cinereus*. Abbreviations are same as in Fig. 93.

TL/GL \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
2.30 ~ 3.00	1	1	1	—	—	—	—	—	—
3.00 ~ 3.70	—	—	4	1	—	—	—	—	—
3.70 ~ 4.40	—	—	—	3	7	2	—	—	—
4.40 ~ 5.10	—	—	—	1	2	7	—	—	1
5.10 ~ 5.80	—	—	—	—	2	2	5	2	1
TL/GW \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
0.90 ~ 1.20	1	1	—	—	—	—	—	—	—
1.20 ~ 1.50	—	—	5	4	—	—	—	—	—
1.50 ~ 1.80	—	—	—	1	7	1	1	—	—
1.80 ~ 2.10	—	—	—	—	2	5	2	1	—
2.10 ~ 2.40	—	—	—	—	2	4	1	1	1
2.40 ~ 2.70	—	—	—	—	—	1	1	—	1
TL/TO \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
0.30 ~ 0.50	1	—	1	—	—	—	—	—	—
0.50 ~ 0.70	—	1	1	1	3	—	—	—	—
0.70 ~ 0.90	—	—	3	3	3	5	1	1	—
0.90 ~ 1.10	—	—	—	1	4	6	4	1	—
1.10 ~ 1.30	—	—	—	—	1	—	—	—	2
TL/MC \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
4.50 ~ 5.50	1	—	—	—	—	—	—	—	—
5.50 ~ 6.50	—	1	3	—	—	—	—	—	—
6.50 ~ 7.50	—	—	2	3	3	—	—	—	—
7.50 ~ 8.50	—	—	—	2	5	1	—	—	—
8.50 ~ 9.50	—	—	—	—	3	9	4	—	—
9.50 ~ 10.50	—	—	—	—	—	1	1	2	2
TL/GI \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
1.60 ~ 1.90	1	1	—	—	—	—	—	—	—
1.90 ~ 2.20	—	—	5	2	—	—	—	—	—
2.20 ~ 2.50	—	—	—	1	5	—	—	—	—
2.50 ~ 2.80	—	—	—	2	5	4	3	—	—
2.80 ~ 3.10	—	—	—	—	1	4	2	2	—
3.10 ~ 3.40	—	—	—	—	—	3	—	—	1
3.40 ~ 3.70	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.70 ~ 4.00	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/UP ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
0.70 ~ 0.90	1	1	3	—	—	—	—	—	—
0.90 ~ 1.10	—	—	2	3	3	—	—	—	—
1.10 ~ 1.30	—	—	—	2	6	5	3	—	—
1.30 ~ 1.50	—	—	—	—	2	6	2	2	—
1.50 ~ 1.70	—	—	—	—	—	—	—	—	1
1.70 ~ 1.90	—	—	—	—	—	—	—	—	1
TL/LP ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
1.10 ~ 1.30	1	1	5	1	—	—	—	—	—
1.30 ~ 1.50	—	—	—	4	6	2	—	—	1
1.50 ~ 1.70	—	—	—	—	5	8	3	1	—
1.70 ~ 1.90	—	—	—	—	—	1	2	1	1
TL/GL ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
2.30 ~ 3.00	1	1	1	—	—	—	—	—	—
3.00 ~ 3.70	—	—	4	1	—	—	—	—	—
3.70 ~ 4.40	—	—	—	3	7	2	—	—	—
4.40 ~ 5.10	—	—	—	1	2	7	5	—	—
5.10 ~ 5.80	—	—	—	—	2	2	—	2	2
TL/OL ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
2.70 ~ 3.70	1	—	4	—	—	—	—	—	—
3.70 ~ 4.70	—	1	—	3	5	3	1	—	—
4.70 ~ 5.70	—	—	—	2	5	2	1	—	—
5.70 ~ 6.70	—	—	—	—	1	5	3	1	2
6.70 ~ 7.70	—	—	—	—	—	1	—	1	—
TL/IT ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
8 ~ 11	1	1	1	—	—	—	—	—	—
11 ~ 14	—	—	3	2	1	—	—	—	—
14 ~ 17	—	—	1	3	2	5	1	—	—
17 ~ 20	—	—	—	—	7	4	2	—	—
20 ~ 23	—	—	—	—	—	2	1	—	—
23 ~ 26	—	—	—	—	—	—	—	1	—
26 ~ 29	—	—	—	—	—	—	—	—	1
TL/SM ~ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
4 ~ 7	—	—	1	—	—	—	—	—	—
7 ~ 10	1	1	—	—	—	—	—	—	—
10 ~ 13	—	—	3	4	1	1	1	—	—
13 ~ 16	—	—	1	1	7	6	—	—	—
16 ~ 19	—	—	—	—	3	4	2	1	—
19 ~ 22	—	—	—	—	—	—	1	—	1

TL/BS \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
4 ~ 7	—	—	1	—	—	—	—	—	—
7 ~ 10	1	1	1	—	—	—	—	—	—
10 ~ 13	—	—	2	4	6	1	1	—	—
13 ~ 16	—	—	1	1	4	9	2	—	—
16 ~ 19	—	—	—	—	1	1	—	1	—
19 ~ 22	—	—	—	—	—	—	1	—	1

TL/SW \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
0 ~ 0.50	—	1	—	1	1	—	—	—	—
0.50 ~ 1.00	—	—	4	2	7	7	3	—	—
1.00 ~ 1.50	1	—	1	1	3	2	1	1	—
1.50 ~ 2.00	—	—	—	1	—	2	—	—	—
2.00 ~ 2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/IS \ TL	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85
8 ~ 10	1	1	—	—	—	1	—	—	—
10 ~ 12	—	—	5	3	—	—	1	—	—
12 ~ 14	—	—	—	2	10	7	1	—	—
14 ~ 16	—	—	—	—	1	3	—	—	—
16 ~ 18	—	—	—	—	—	—	2	1	—
18 ~ 20	—	—	—	—	—	—	—	—	1

2. 産卵期における成熟魚の捕食について

西海区水産研究所 (1953) は東支那海産ハモの年間における捕食率の変動についてしらべ、6月・7月に低く、8月・9月に高い傾向があるが、ちょうど前者の期間はこの魚の産卵期に該当しており、したがって産卵と捕食とは密接な関係があると推定したが、その後 (1955) これを否定し、産卵期にとくに捕食低下があるとはいえないとした。

Table 165. Change of stomach contents by degree of mature in *M. cinereus* expressed by percent of individual organism found in stomach of fish in spawning season (From August 1 to September 10, 1951).

Stomach contents \ Maturity	Immature (1)	Half mature (2)	Mature (3)	Full mature (4)	Spent (5)
Macrura No. (%)	8 (36.36)	19 (39.58)	14 (21.54)		
Brachyura No. (%)	1 (4.55)	6 (12.50)	3 (4.62)		
Pisces No. (%)	8 (36.36)	12 (25.21)	11 (16.92)		
Others No. (%)	3 (13.64)	5 (10.42)			
Empty No. (%)	2 (9.09)	6 (12.50)	37 (56.92)	45 (100)	5 (100)
Number of specimens	18	31	52	45	5

著者は周防灘中部水域において産卵期に漁獲された親魚、とくに成熟・完熟に達した個体群の生殖腺の発達状態と食性との関係について調査し、第165表の結果を得た。

この表で明らかなように、この時期の親魚の捕食率は著しく低下していて、完熟期および放卵・放精直後のものはすべて空虚で、絶食の状態を示す。そして胃および腸は萎縮し、とくに胃の内壁には皮皺が形成されている。このような捕食率の低下は生殖腺の発達にともなう生理的な体質変化に起因すると思われる。形態的には、雌雄ともに成熟および完熟期に達したものでは、生殖腺の両葉の下側部が著しく膨隆して重なり合い、胃、腸などを強く圧迫している（第四章、生殖生態に関する研究）。

D'ANCONA (1921), SCHNAKENBECK (1934)および BERNDT (1938)は成熟にともなうヨーロッパ産ウナギの消化系器官の変化について、組織学的ならびに生理学的立場から腸の萎縮現象、消化系諸器官内腔の上皮組織の自家消化による崩壊と凝組織の形成、肛門閉塞など、また、MATSUI (1957)は日本産ウナギの成熟魚が絶食状態にある事実をそれぞれ明らかにした。アナゴ類においても大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* について CUNNINGHAM (1896)が成熟にともなう絶食状態、皮膚の萎縮および潰瘍の発生、骨格の軟化などの現象を認め、また PERARD (1930)は成熟にともない rubber conger の状態になることを報告している。ハモも上述の魚類と同じように成熟にともなう体の生理的变化が起り、さらにこうした変化に起因して、捕食や性質など生態上の変化が強く現われる。すなわち成熟、完熟および放卵直後の魚は絶食現象を示し、また性質は著しく摩滅となり、接近する生物に対して同種異種の区別なく咬みつく。

3. 産卵期前の食性

産卵期に入る前のハモ、つまり生殖腺があまり発達していない時期のものについて調査した。漁期からみるとそれは始漁期（5・6・7月）に相当し、周防灘水域ではごく沿岸の浅海域で漁場が形成される。ところで、この期間には大型魚がかなり漁獲されるが、これらの大型魚については、東支那海産ハモの食性に関する野中 (1956) のくわしい報告があるので、本項では比較的小型の魚（60 cm 以下のもの）を重点的にしらべた。

1) 胃内容物の組成

供試標本 169尾の胃内容物について、内容物を有するもの、消化および空虚なものに3大別して、全長別の出現率を求めると第166表となる。

Table 166. Stomach contents by size of fish, of *M. cinereus* expressed by percent of three degrees, empty, digesting and recognizable.

Total length (cm)		34~40	40~45	45~50	50~55	55~60	Total
Items							
Total number observed		6	27	39	47	50	169
Empty	{% {No.	33.3 (2)	33.3 (9)	30.0 (12)	23.4 (11)	22.0 (11)	27.3 (45)
Digesting	{% {No.	66.7 (4)	18.5 (5)	10.2 (5)	14.8 (7)	20.0 (10)	17.8 (31)
Recognizable	{% {No.	— (—)	48.1 (13)	59.8 (22)	61.7 (29)	58.0 (29)	54.9 (93)

すなわち、内容物を有する個体は全調査標本の54.9%で、他は空虚あるいは消化の状態であった。そして全長34~40 cmの範囲に含まれる6標本はすべて空虚および消化の状態で、捕食内容は不明であったが、それより大きい他の各全長範囲のものでは内容物を有する個体が40~60%の出現率を示した。

種を査定することができた内容物はすべて動物性で、それらの種類は第167表に示したように、魚類が11種類、エビ類が4種類、カニ類、イカ類、ジャコ類、多毛類がそれぞれ1種類で、種の内容は比較的単調である。

Table 167. Food organisms, which are identifiable, in stomach of *M. cinereus*.

Contents	Species	Japanese name
Pisces	<i>Sillago sihama</i>	Kisu
	<i>Engraulis japonica</i>	Ketakuchiwashi
	<i>Chaeturichthys hexanema</i>	Akahaze
	<i>Acanthocephala krusensterni</i>	Akatachi
	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	Ganzobirame
	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
	<i>Neopercis sexfasciata</i>	Kurakakegisu
	<i>Apogon lineatus</i>	Tenjikudai
	<i>Bregmaceros japonicus</i>	Saiuo
	<i>Sugggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiragi
Macrura	<i>Metapenaeopsis acclivis</i>	Akaebi
	<i>Metapenaeopsis</i> sp.	
	<i>Crangon japonicus</i>	Tenagatteppoebi
Brachyura	<i>Charybdis bimaculata</i>	Futahoshiishigani
m. Decapoda	<i>Sepia kobeensis</i>	Himekoika
Octopoda	<i>Octopus variabilis</i>	Tenagadako
Stomatopoda	<i>Squilla oratoria</i>	Shako
Polychaeta	<i>Nereis japonica</i>	Gokai

Table 168. Composition of food organisms in stomach, by size of fish, of *M. cinereus* expressed by percent of individual organism which is recognizable. Number of specimens was put in parenthesis. ※, Digesting.

Total length (cm)		34 ~ 40 (0)	40 ~ 45 (13)	45 ~ 50 (22)	50 ~ 55 (29)	55 ~ 60 (29)	Total (93)
Items							
Macrura	%		40.0	40.9	71.0	42.9	50.0
	No.	※ (4)	(6)	(9)	(22)	(15)	(52)
Brachyura	%	—	20.0	36.4	9.7	17.1	20.2
	No.	—	(3)	(8)	(3)	(6)	(21)
Pisces	%	—	26.7	9.1	9.7	25.7	17.3
	No.	—	(4)	(2)	(3)	(9)	(18)
m. Decapoda	%	—	6.7	4.5	6.5	11.4	7.7
	No.	—	(1)	(1)	(2)	(4)	(8)
Stomatopoda	%	—	6.7	9.1	—	—	2.9
	No.	—	(1)	(2)	—	—	(3)
Octopoda	%	—	—	—	—	2.9	1.0
	No.	—	—	—	—	(1)	(1)
Polychaeta	%	—	—	—	3.2	—	1.0
	No.	—	—	—	(1)	—	(1)

各餌料生物(類別)の出現率は第168表の通りで、エビ類が50.0%で主位を占め、ついでカニ類が20.2%、魚類が17.3%、イカ類が7.7%、ジャコ類が2.9%、タコ類と多毛類がそれぞれわずかに1.0%を示した。さらにこれらの全長範囲における全長と種の内容の関係をみると、いずれの全長区間の個体群においてもエビ類が首位を占め、また、魚類が40~45 cm・55~60 cmの2区間でカニ類より優位であるが、およそ成長段階と餌料内容との間には傾向的な関係は認められない。

以上の結果と同じ時期に採集した65 cmから97 cmの全長範囲の個体群74尾の質的捕食内容を比較してみると、これらの魚ではエビ類58.6%、カニ類27.6%、魚類17.2%、ジャコ類3.4%、イカ類3.4%で、よく相似し、両者間に差は認められない。東支那海産のハモではエビ類とカニ類の出現率をもっとも高く45.2%、ついで魚類が36.3%、イカ・タコ類が18.5%の順であることを野中(1956)が報告している。したがってハモの主な餌料生物はエビ類、カニ類および魚類であることがわかる。ところで、第168表の集計が示す餌料生物の出現率の順位は後章(第七章、産卵場に関する研究)に掲げに生息水域の底生群聚の出現組成のそれときわめてよく似ている点が注目される。

2) 内容物の大きさと重量

胃内に存在する内容物の大きさとハモの全長との関係を内容物(被食動物)が魚類のばあいについてしらべてみると、第169表のように、両者間の比(餌の全長/ハモの全長) $\times 100$ は4.7~14.3の範囲にある。野中(1956)は肛長の増加とともに被食動物の大きさが増大することを認めているが、本実験の全長範囲ではこうした傾向は認められず、むしろ第170表で明らかなように小型のものがかなり大きい魚を捕食しており、ハモがきわめて貧食であることを示している。

Table 169. Relative length of preys (Pisces) expressed by hundredths of total length of the predator, *M. cinereus*.

Predator, total length (cm)	Prey, total length (cm)	Predator/Prey	Prey	
			Species	Japanese name
42.8	4.70	9.1	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
42.1	5.19	8.1	<i>Apogon lineatus</i>	Tenjikudai
43.5	4.68	9.3	<i>Chaeturichthys hexanema</i>	Akahaze
44.9	6.92	6.5	<i>Bregmaceros japonicus</i>	Seiuo
45.5	11.09	8.6	<i>Acanthocephala krusensterni</i>	Akatachi
45.5	9.10	5.0	<i>Saurida elongata</i>	Tokakeeso
53.1	11.29	4.7	<i>Acanthocephala krusensterni</i>	Akatachi
54.5	5.19	10.5	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiiiragi
55.2	7.67	7.2	<i>Chaeturichthys hexanema</i>	Akahaze
55.5	4.41	12.6	<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
55.6	5.62	9.9	<i>Sillago sihama</i>	Kisu
55.9	3.91	14.3	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiiiragi
58.3	7.61	7.4	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
57.2	5.55	10.3	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiiiragi
57.5	9.58	6.0	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
58.3	5.77	10.1	<i>Neopercis sexfasciata</i>	Kurakekegisu

Table 170. Relative length of the preys (Pisces) by size of the fish, of *M. cinereus* expressed by hundredths of total length of the predator, *M. cinereus*. Parenthesis, number of specimens.

Predator/prey Total length (cm)	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ≤	Total
40 ~ 45	—	25.0% (1)	75.0% (3)	—	—	25.0% (4)
45 ~ 50	50.0% (1)	—	50.0% (1)	—	—	12.5% (2)
50 ~ 55	50.0% (1)	—	—	50.0% (1)	—	12.5% (2)
55 ~ 60	—	37.5% (3)	12.5% (1)	25.0% (2)	25.0% (2)	50.0% (8)
Total	12.5% (2)	25.0% (4)	31.3% (5)	18.8% (3)	12.5% (2)	(16)

ハモの体重と胃内容物湿重量との割合を捕食重量比とし、これを6階級(第171表)に分け、ハモの全長との関係を求めると、全長40~50 cmの区間では捕食重量比の変異は5.5~60、全長50~55 cmでは5.5~80、全長55~60 cmでは5.5~400、つまり全長の大きいハモほどその範囲が大きい。そして全体的に捕食重量比は5.5~40の範囲が高率に出現し、とりわけ5.5~20.0の範囲が最高の出現率を示した。さらに胃内容物湿重量

Table 171. Relation between body weight of predator and weight of stomach contents (BW/FW) in relation to total length of *M. cinereus*. Parenthesis, number of specimens.

No. of specimens	Total length (cm)	BW/FW	5.5~20	20~40	40~60	60~80	80~100	100~400
14	40 ~ 45		64.3% (9)	21.4% (3)	14.3% (2)			
20	45 ~ 50		65.0% (13)	15.0% (3)	20.0% (4)			
30	50 ~ 55		37.0% (10)	40.7% (11)	7.4% (2)	14.8% (4)		
29	55 ~ 60		18.5% (5)	22.3% (6)	14.8% (4)	7.4% (2)	7.4% (2)	29.6% (8)
Total	40 ~ 60		40.7% (37)	25.3% (23)	13.2% (12)	6.6% (6)	2.2% (2)	12.0% (11)

Table 172. Relation between the body weight of *M. cinereus* and food contents weight in relation to total length of the predator, *M. cinereus*. Ri, ratio of food contents weight; Si, average weight of food contents; average weight of body.

Total length (cm)	No. of specimen	Body weight (g)		Food content weight (g)		Ri = $\bar{S}_i / \bar{W}_i$
		Range	Mean	Range	Mean	
40 ~ 45	14	20.0~39.0	41.0	0.3~5.6	2.4	0.585
45 ~ 50	20	29.0~64.0	44.0	0.4~9.1	3.2	0.727
50 ~ 55	30	49.0~136.9	79.9	0.1~8.2	3.3	0.413
55 ~ 60	27	120.0~214.0	166.9	0.1~14.1	3.8	0.229
40 ~ 60	91	20 ~ 214	90.7	0.1~14.1	3.3	0.466

と体重の関係を胃内容物比率 (R) で比較すると第 172 表の通りである。すなわち R は全長範囲 45~50 cm がもっとも大きい。そして捕食された魚類は捕獲あるいは嚙下時の損傷と思われるものおよび消化による表皮、鱗などの部分的な崩壊状態を認めるが、咀嚼の形跡はない。飼育魚の観察では捕食はきわめて迅速であり、丸呑みする状態がみられる。

3) 混食率について

内容物が単一種のものと、2 種以上で混食の状態を示すものの出現率 (第 173 表) は、前者が高率を占め 88.2%, 後者はきわめて低率で 10.8% を示す。さらに両者の出現率と魚体の大きさの関係をみると、魚体の小さいものがやや単一種の捕食を示すばあいが多く、したがって混食率は低い傾向がうかがわれる。混食のばあいの種の内容物は、調査範囲では 2 種または 3 種で、それ以上混食にするものは認められなかった。

Table 173. Rate of fish expressed by percent of total number of fish of *M. cinereus*, whose stomach contents are composed of simple organism or some mixed ones, in relations to total length of the fish.

Total length (cm)		34~40	40~45	45~50	50~55	55~60	Total
No. of fish whose stomach contents are recognizable		—	13	21	29	39	93
Food mixed	{No.	—	2	1	3	5	11
	{%	—	15.4	4.8	10.3	28.2	10.8
Food simple	{No.	—	11	20	26	34	82
	{%	—	84.6	95.2	89.7	71.8	89.2

野中 (1956) は混食率の時期的変化についてしらべ、はっきりした傾向は認められないとしている。アブラレイ *Atheresthes evermanni* では混食率は小型魚で高く、成魚では単食であることが三河 (1955) によって報告されている。

B. マアナゴ

1. 消化系各部の大きさ

マアナゴの消化系器管の形態については、すでに SUYEHIO (1941) が報告している。口幅は大きく、上顎骨および下顎骨はそれぞれよく発達する。そして上顎骨、前上顎骨域、鋤骨域および上咽頭骨にそれぞれ小円錐状歯が密生する。舌はよく発達する。食道部は短く、胃はト状型で、膨脹性に富む。腸は長く、弁によって 2 つに区分され、小腸と直腸となり、小腸の中途から後方はよじれている。小腸の後部および直腸部は膨れている。肝臓は大きい。各部の長さを測定した結果は第 174 表の通りである。さらに体の大きさと各形質の体の全長に対する数率との相関関係をみると第 175 表で、各形質の数率はおよそ全長が大きくなるほど増大する傾向があり、各形質の数率の平均値はおよそ全長 20~40 cm の範囲のものが示す数率であることがわかる。

Table 174. Showing the dimension of various parts of digestive organ in relation to total length of the body in *C. myriaster*. Abbreviations are same as in Fig. 94. Number of specimens was put in parenthesis.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
TL/GL	16.11~31.88 (89)	24.87± 0.10	1.32± 0.07	5.29± 0.28
TL/GW	17.43~34.25 (89)	25.13± 0.22	3.09± 0.16	12.30± 0.62
TL/MP	15.25~30.11 (89)	22.62± 0.13	1.88± 0.10	8.32± 0.42

TL/TO	19.06~35.51 (89)	27.24± 0.20	2.86± 0.14	10.51± 0.52
TL/MC	5.95~11.64 (89)	8.74± 0.06	0.79± 0.04	9.04± 0.46
TL/GI	17.42~32.00 (89)	22.87± 0.21	2.91± 0.15	12.73± 0.64
TL/UP	40.67~90.35 (89)	61.80± 0.46	7.85± 0.37	12.70± 0.64
TL/LP	23.92~58.57 (89)	33.96± 0.33	4.68± 0.24	13.77± 0.70
TL/OL	10.00~22.03 (89)	13.98± 0.17	2.39± 0.12	17.11± 0.86
TL/IT	2.75~ 7.31 (89)	4.23± 0.06	0.83± 0.04	19.62± 0.99
TL/IS	3.15~ 7.31 (89)	4.90± 0.04	0.58± 0.03	11.84± 0.60
TL/SM	4.49~ 7.40 (89)	5.82± 0.05	0.75± 0.04	12.89± 0.65
TL/BS	5.28~ 8.71 (89)	6.76± 0.06	0.86± 0.04	12.72± 0.64
TL/SW	27.32~137.00 (89)	60.30± 1.61	22.50± 1.14	37.32± 1.88

Table 175. Showing dimension of various parts of the digestive organ in relation to total length (cm) of the body in *C. myriaster*. Abbreviations are same as in Fig. 94.

TL/GL	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
0.60 ~ 1.00		1	14	25	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00 ~ 1.40		—	1	15	40	30	9	—	—	—	—	—	—	—
1.40 ~ 1.80		—	—	—	—	7	14	9	—	1	—	—	—	—
1.80 ~ 2.20		—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
2.20 ~ 2.60		—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—
2.60 ~ 3.00		—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—
3.00 ~ 3.40		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.40 ~ 3.80		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/GW	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
0.70 ~ 1.00		1	14	26	12	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00 ~ 1.30		—	1	15	33	25	11	—	—	—	—	—	—	—
1.30 ~ 1.60		—	—	—	—	12	7	5	—	1	—	—	—	—
1.60 ~ 1.90		—	—	—	—	—	5	3	—	1	—	—	—	—
1.90 ~ 2.20		—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	—
2.20 ~ 2.50		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.50 ~ 2.80		—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
2.80 ~ 3.10		—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
3.10 ~ 3.40		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
3.40 ~ 3.70		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/MP	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
0.70 ~ 1.10		1	14	31	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.10 ~ 1.50		—	1	9	38	30	60	—	—	—	—	—	—	—
1.50 ~ 1.90		—	—	—	—	7	17	6	1	1	—	—	—	—
1.90 ~ 2.30		—	—	—	—	—	—	3	1	1	—	—	—	—
2.30 ~ 2.70		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.70 ~ 3.10		—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
3.10 ~ 3.50		—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
3.50 ~ 3.90		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/TO	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
0.50 ~ 0.80	1	14	11	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.80 ~ 1.10	—	1	29	44	22	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.10 ~ 1.40	—	—	—	1	15	20	7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.40 ~ 1.70	—	—	—	—	—	1	2	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
1.70 ~ 2.00	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.00 ~ 2.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.30 ~ 2.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.60 ~ 2.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	—
2.90 ~ 3.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/MC	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
1.70 ~ 3.00	1	14	42	21	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.00 ~ 4.30	—	—	2	23	36	17	3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.30 ~ 5.60	—	—	—	1	—	3	6	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
5.60 ~ 6.90	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—
6.90 ~ 8.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8.20 ~ 9.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1	—	—	1

TL/GI	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
0.50 ~ 1.00	1	14	33	7	1	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.00 ~ 1.50	—	1	10	38	34	11	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.50 ~ 2.00	—	—	—	—	1	9	8	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—
2.00 ~ 2.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
2.50 ~ 3.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
3.00 ~ 3.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
3.50 ~ 4.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/UP	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
0.20 ~ 0.40	1	14	21	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.40 ~ 0.60	—	1	19	43	31	11	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.60 ~ 0.80	—	—	1	—	6	12	7	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
0.80 ~ 1.00	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—
1.00 ~ 1.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.20 ~ 1.40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—	—
1.40 ~ 1.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/LP	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
0.20 ~ 0.50	—	6	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.50 ~ 0.80	1	8	33	23	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0.80 ~ 1.10	—	1	6	22	35	15	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.10 ~ 1.40	—	—	—	—	1	8	6	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
1.40 ~ 1.70	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	—
1.70 ~ 2.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.00 ~ 2.30	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.30 ~ 2.60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2.60 ~ 2.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—	1

TL/OL	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~75	75~80	80~85	85~90
0.90 ~ 1.90	1	14	40	31	8	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.90 ~ 2.90	—	—	3	14	28	17	6	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
2.90 ~ 3.90	—	—	—	1	—	4	3	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—
3.90 ~ 4.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.90 ~ 5.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.90 ~ 6.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.90 ~ 7.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
7.90 ~ 8.90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/SM	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
2.20 ~ 5.20	1	13	33	11	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.20 ~ 8.20	—	1	11	33	21	15	3	1	1	—	—	—	—	—
8.20 ~ 11.20	—	—	—	1	9	8	5	1	1	1	—	—	—	—
11.20 ~ 14.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
14.20 ~ 17.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	1
17.20 ~ 20.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.20 ~ 23.20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—

TL/BS	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
0 ~ 3.50	1	11	14	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3.50 ~ 7.00	—	4	29	40	22	16	3	—	—	1	—	—	—	—
7.00 ~ 10.50	—	—	—	3	12	7	5	2	1	—	—	—	—	—
10.50 ~ 14.00	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	2	—	—	—
14.00 ~ 17.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—
17.50 ~ 21.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/SW	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
0.30 ~ 1.00	1	15	40	40	15	12	4	1	1	1	—	—	—	—
1.00 ~ 1.70	—	—	3	15	19	10	4	1	1	1	1	—	—	—
1.70 ~ 2.40	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	1	—	—	—
2.40 ~ 3.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
3.10 ~ 3.80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—

TL/IT	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
3.00 ~ 5.00	1	14	25	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5.00 ~ 7.00	—	—	16	25	8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.00 ~ 9.00	—	1	—	19	22	7	1	1	1	—	—	—	—	—
9.00 ~ 11.00	—	—	—	—	7	13	4	—	—	—	—	—	—	—
11.00 ~ 13.00	—	—	—	—	—	3	3	1	1	—	—	—	—	—
13.00 ~ 15.00	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
15.00 ~ 17.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17.00 ~ 19.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
19.00 ~ 21.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—
21.00 ~ 23.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

TL/IS	TL	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~65	65~70	75~80	85~90
2.50 ~ 4.50	1	13	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4.50 ~ 6.50	—	2	21	40	19	2	—	—	—	—	—	—	—	—
6.50 ~ 8.50	—	—	—	5	15	19	6	1	1	1	—	—	—	—
8.50 ~ 10.50	—	—	—	—	1	1	3	1	1	—	—	—	—	—
10.50 ~ 12.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
12.50 ~ 14.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	—	—
14.50 ~ 16.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16.50 ~ 18.50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1

2. 仔魚および稚魚の消化系と消化管内容物

伸長期の中期以後の仔魚および稚魚の消化管の概要を第 95 図に示した。すなわち変態初期までは、肛門は著しく後方に位置し、消化管は屈曲することなく細長い 1 本の管となっている。盲嚢は伸長期の中期、全長 8.5 mm ですでに全消化管のはば中央部位にある。成長にともない諸器官はしだいに発達し、変態完了時には体に対する肛門位置は前進してほぼ成魚と同じ位置をとり、腸管部は屈曲する。I 腔は伸長期においてもかなり大きい。slender tooth, glassing tooth, および前後の小歯群などは変態期に入ってしだいに脱落し、変態完了時には幼歯は全くなり、これにかわって新しい歯群が発生し、しだいに発達する。

冬から春の期間（1 月～4 月）に漁獲した伸長期および変態期の初・中期の仔魚 485 尾の消化管内容物を調査した結果（第 176 表）、I 腔内、食道部、胃および腸部のいずれも全く認められなかった。

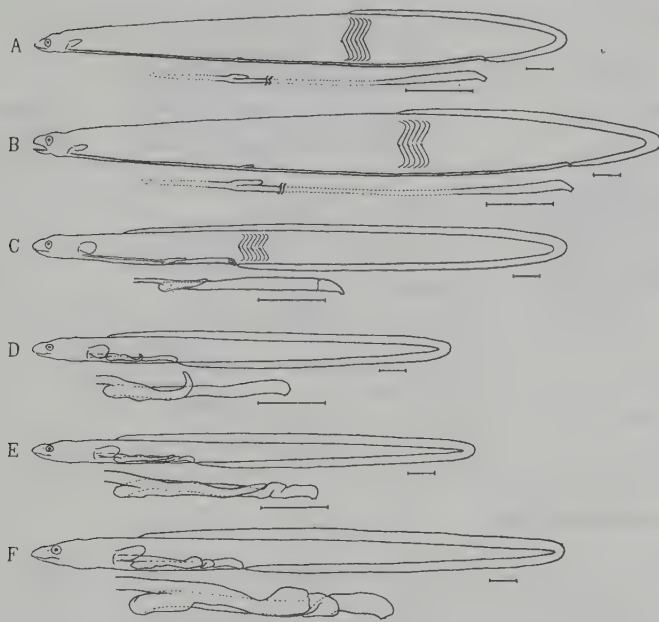


Fig. 94. Shapes of digestive organ in the process of growth of *C. myriaster*, especially showing the alimentary canal from side. A, middle developing stage (9.90 cm); B, post developing stage (11.70 cm); C, post metamorphosis stage (7.77 cm); D, immature stage (8.23 cm); E, immature stage (9.90 cm); F, immature stage (9.90 cm). Scales in 10 mm.

以上の結果にもとづいて、室内実験として毎分およそ6ℓの海水を導入したガラス製水槽に、この成長時期の仔魚を5～10尾を放養し、プランクトンネット（No.5）で濃収した浮游生物を与え、捕食状態および捕食生物の内容についての実験を試みたが、捕食行動は全く認められず、また固定後内容をしらべたが食餌は検出されなかった。

仔魚の生息水域におけるこの時期の浮游生物の組成は後述（第六章、沿岸における仔魚および稚魚の生息場所とその環境に関する研究）のように、*Skeletonema*, *Stephanopyxis*, *Thalassionema*, *Coscinodiscus*などの植物性浮游生物が主で、動物性のものは少なく、それらでは桃脚類と葉脚類が主体を占めている。すなわち *Oithona similis*, *Microsetella rosa*, *Paracalanus parvus*, *Corycaeus* sp. などである。このような生息環境において選択性がなく、常時捕食が行われているとすれば、口裂は比較的大きい点から上述の植物性浮游生物は多量に摂取され、また、動物性餌料も消化管内に認められるはずである。したがってこの期の仔魚は捕食しないと考えられる。

変態後期の仔魚では、室内実験としてガラス製水槽に上述のばあいと同じ方法で5～10尾を放養し、これに濃収した浮游生物を数回投与して、捕食行動を観察したが、やはり捕食せず、また固定後消化管をしらべたが食餌は検出されなかった。しかし、最末期に成長した稚魚は捕食できるようになる。SCHMIDT (1909) はウナギの仔魚の腸管に microplankton を認めたが、これは幼虫をもつ時期、すなわち最大体長に達するまでの伸長期の仔魚で、変態期に入ると捕食しないこと、さらに変態完了直前から再び捕食することを明らかにしている。著者は飼育水槽で変態を完了した体長7.30～9.50 cmの稚魚に濃収した浮游生物、泥および砂泥底に生息している多毛類の幼生、アマモや海藻に附着する端脚類、カタクチイシの熟卵などを投与して観察した結果、いずれも捕食活動が認められ、とくに多毛類、端脚類、アミ類などを選択的に捕食する

ことがわかった。

Table 176. Stomach contents of larvae and elvers of *C. myriaster*.

Growth stage (Body length)	Habitat	Food contents		Appearance rate	
		General class	Remarks	Number of fish	Percentage
Post developing, early and middle metamorphosis stage (12.2~10.4 cm)	Shore	Zoo-food		—	
		Phyto-food		—	
		Empty		482	100.00
Post metamorphosis stage (9.00~7.55 cm)	Aquarium	Zoo-food		—	
		Phyto-food		—	
		Empty		41	100.00
Elver stage (7.30~8.50 cm)	Aquarium	Zoo-food	Copepoda, Amphipoda, Polychaeta, Mysidacea.	13	37.14
		Phyto-food		—	—
		Detritus		1	2.86
		Empty		21	60.00

3. 未成魚および成魚の食性

Table 177. Percentage of stomach contents in condition of empty, digestion and recognizable in young and adult of *C. myriaster*.

Contents of stomach	Number of specimens	Percentage
Empty	38	13.77
Digesting	50	18.12
Recognizable	188	68.11

Table 178. Showing the stomach content in young and adult of *C. myriaster*.

Contents	Species
Pisces	<i>Rhinogobius gymnauchen</i> (BLEEKER)
	<i>Rhinogobius pflaumi</i> (BLEEKER)
	<i>Chaeturichthys hexanema</i> BLEEKER
	<i>Gobius</i> sp.
	<i>Neopercis sexfasciata</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)
	<i>Chaeturichthys sciistius</i> (JORDAN et SNYDER)
	<i>Apogon lineatus</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)
	<i>Lepidotrigla microptera</i> GUNTHER
	<i>Callionymus lunulatus</i> TEMMINK et SCHLEGEL
	<i>Cocilla crocodila</i> (TILESUS)
	<i>Suggrundus meerdervoorti</i> (BLEEKER)
	<i>Pseudoblennius cottoides</i> (RICHARDSON)
	<i>Mylio macrocephalus</i> (BASILEWSKY)
	<i>Sillago sihama</i> (FORSKÅL)
	<i>Ammodytes personatus</i> GIRARD
	<i>Lotella phycis</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)
	<i>Omobranchus loxozonus</i> (JORDAN et SNYDER)
	<i>Engraulis japonica</i> (TEMMINCK et SCHLEGEL)
	<i>Areliscus interruptus</i> (GUNTHER)
	<i>Tarphops oligolepis</i> (BLEEKER)
	<i>Scidorhombus pallidus</i> TANAKA
	<i>Chaenogobius heptacanthus</i> (HILGENDORF)
	<i>Chasmichthys dolichognathus</i> (HILGENDORF)

Macrura	<i>Metapenaeus affinis</i> (H. MILNE-EDWARDS) <i>Metapenaeus barbatus</i> (DE HAAN) <i>Metapenaeus joyneri</i> (MIERS) <i>Metapenaeus monoceros</i> (FABRICIUS) <i>Penaeus japonicus</i> BATE <i>Crangon brevicristatus</i> (DE HAAN) <i>Crango affinis</i> (DE HAAN) <i>Panulirus</i> sp. <i>Macrura</i> larva
Brachyura	<i>Charybdis</i> sp. <i>Hemigrapsus sanguineus</i> (DE HAAN) <i>Hemigrapsus</i> sp. <i>Brachyura</i> larva
Ostracoda	<i>Cypridina hilgendorffii</i> G. W. MÜLLER
Stomatopoda	<i>Squilla oratoria</i> DE HAAN
Amphipoda	<i>Corophium</i> sp.
Mysidacea	<i>Acanthomysis</i> sp.
Isopoda	<i>Cirolana</i> sp.
Octopoda	<i>Octopus vulgaris</i> (LAMARCK)
m. Decapoda	<i>Sepia peterseni</i> APPELLÖF <i>Loligo japonica</i> HOYLE
Gastropoda	<i>Dendrodoris</i> sp.
Polychaeta	<i>Nereis japonica</i> IZUKA <i>Nereis</i> sp.
Nemertini	<i>Emplectonema</i> sp.

Table 179. Food organisms in stomach of *C. myriaster* taken from two fishing grounds in Suō-nada. Large parenthesis, specimens used for digestive experiment; small parenthesis, food used for fishing.

Items	Hirao Bay		Ushima and its neighbouring waters	
Specimens	167 + [10]		99	
Empty	10 + [10]		12	
Digesting	0		1	
Pisces	23 + (116)	21.5%	39	35.5%
Macrura	21	19.6	52	47.3
Brachyura	22	20.6	7	6.4
Ostracoda	18	16.8	0	0
Stomatopoda	3	2.8	0	0
Amphipoda	0	0	1	0.9
Isopoda	1	0.9	0	0
Octopoda	2	1.8	0	0
m. Decapoda	2	1.8	4	3.6
Gastropoda	2	1.8	0	0

Polychaeta	8	7.5	2	1.8
Mysidacea	4	3.7	4	3.6
Detritus	0	0	1	0.9
Nemertini	1	0.9	0	0

1). 内容物組成

胃内に餌料を有するもの、消化の状態にあるものおよび全くないものの百分率組成を第177表に、また胃内の餌料生物の種的内容を第178表に示した。

胃内に捕食した餌料が認められる個体について生息水域別に捕食内容(第179表)を比較すると、内湾では魚類の出現率がもっとも高く21.5%、カニ類(20.6%)、エビ類(19.6%)、多毛類(7.50%)の順で、他はきわめて低い。沖合水域ではエビ類がもっとも多く47.3%、ついで魚類35.5%、カニ類は6.4%で、両者の間では餌料の出現率の順位に差がみられる。

末広(1942)は沿岸性の幼魚、エビ、カニおよび頭足類を多く捕食するとし、また宇都宮(1955)は魚類、エビ、カニ類などの底生動物を多く捕食する底生動物捕食魚であるとしたが、これらの観察とよく一致している。

さらにマアナゴの全長と内容物組成との関係について、生息水域別に検討すると第180表・第181表・第182表となり、概して高年魚の捕食内容が単調であること、いずれの成長段階のものでも魚類を多く捕食し

Table 180. Food organism of *C. myriaster* taken from Suō-nada, expressed by percent of individual organism found in stomach contents. Large parenthesis, specimens used for digestive experiment; small parenthesis, food used for fishing.

Total length(cm)	10~20		20~30		30~40		40~50		50~60		60~70		70~80		80~90	
Items																
Specimens	17		135+[1]		93+[5]		16+[3]		1+[1]		2		1		1	
Empty	4		16+[1]		7+[5]		1+[3]		[1]							
Digesting																
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Pisces	4+(2)	28.6	24+(76)	20.7	25+(34)	26.6	4+(4)	23.5	1	33.3	2	66.7	1	50.0	1	100.0
Macrura	6	42.9	22	19.0	36	38.3	9	52.9	—	—	—	—	—	—	—	—
Brachyura	2	14.3	30	25.9	12	12.8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ostracoda	—	—	12	10.3	5	5.3	—	—	1	33.3	—	—	—	—	—	—
Stomatopoda	—	—	14	12.1	6	6.4	—	—	1	33.3	—	—	—	—	—	—
Amphipoda	—	—	—	—	1	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Isopoda	—	—	1	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Octopoda	—	—	2	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
m. Decapoda	—	—	—	—	2	2.1	2	11.7	—	—	1	33.3	1	50.0	—	—
Gastropoda	—	—	2	1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Polychaeta	1	7.1	4	3.4	4	4.3	1	5.9	—	—	—	—	—	—	—	—
Mysidacea	1	7.1	4	3.4	2	2.1	1	5.9	—	—	—	—	—	—	—	—
Detritus	—	—	—	—	1	1.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nemertini	—	—	1	0.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	14		116		94		17		3		3		2		1	

ていること、全長50 cm 以下のものでは魚類とエビ類、40 cm 以下のものでは魚類、エビ類およびカニ類をそれぞれ多く捕食している傾向がある。

Table 181. Food organism of *C. myriaster* taken from Ushima and its neighbouring waters, by size of fish, expressed by percent of individual organism found in stomach contents.

Total length(cm)	10~20		20~30		30~40		40~50		50~60		60~70		70~80		80~90	
Items																
Specimens	9		34		44		8				2		1		1	
Empty	2		8		2											
Digesting					1											
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
Pisces	3	37.5	11	21.2	18	28.6	3	23.1	—		2	66.7	1	50.0	1	100.0
Macrura	2	25.0	13	25.0	30	47.6	7	53.8	—		—		—		—	
Brachyura	1	12.5	15	28.8	6	9.5	—		—		—		—		—	
Ostracoda	—		—		—		—		—		—		—		—	
Stomatopoda	—		12	23.1	5	7.9	—		1	100.0	—		—		—	
Amphipoda	—		—		1	1.6	—		—		—		—		—	
Isopoda	—		—		—		—		—		—		—		—	
Octopoda	—		—		—		—		—		—		—		—	
m. Decapoda	—		—		—		2	15.4	—		1	33.3	1	50.0	—	
Gastropoda	—		—		—		—		—		—		—		—	
Polychaeta	1	12.5	—		1	1.6	—		—		—		—		—	
Mysidacea	1	12.5	1	1.9	1	1.6	1	7.7	—		—		—		—	
Detritus	—		—		1	1.6	—		—		—		—		—	
Nemertini	—		—		—		—		—		—		—		—	
Total	8		52		63		13		1		3		2		1	

Table 182. Food organism of *C. myriaster* taken from Hirao Bay, by size of fish, expressed by percent of individual organism found in stomach contents. Large parenthesis, specimens used for digestive experiment; small parenthesis, food used for fishing.

Total length(cm)	10~20		20~30		30~40		40~50		50~60		60~70		70~80		80~90	
Items																
Specimens	8		101+ [1]		49+ [5]		8+ [3]		1+ [1]							
Empty	2		8+ [1]		5+ [5]		1+ [3]		[1]							
Pisces	1+ (2)	17.0	13+ (76)	20.3	7+ (34)	22.6	1+ (4)	25.0	1	50.0						
Macrura	4	66.0	9	14.1	6	19.4	2	50.0								
Brachyura	1	17.0	15	23.4	6	19.4										
Ostracoda			12	18.8	5	16.1			1	50.0						
Stomatopoda			2	3.1	1	3.2										
Amphipoda																
Isopoda			1	1.6												

Octopoda		2	3.1					
m. Decapoda				2	6.5			
Gastropoda		2	3.1					
Polychaeta		4	6.3	3	9.7	1	25.0	
Mysidacea		3	4.7	1	3.2			
Detritus								
Nemertini		1	1.6					
Total	6	64	31	4	2	—	—	—

2) 捕食魚の成長と被食魚のそれとの関係

捕食餌料が魚類であればあいについて、マアナゴの全長と捕食した魚の全長との関係をしらべた結果は第183表および第184表となる。これらの表でわかるように、小型のマアナゴも、また大型のものも自分の全長に対して $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{10}$ の大きさの小魚を多く捕食しており、とりわけ $\frac{1}{6}$ ~ $\frac{1}{8}$ のものをもっとも多く捕食している。そして小型のマアナゴが体の大きさに対して比較的大きい魚を捕食している傾向がみられる（第95図）。

Table 183. Relation between the total length (cm) of prey (Pisces) and that of predator, *C. mvriaster*.

Items	Prey, total length (B)	Predator (A)/(B) prey	Species of prey	Jap. name of prey
Total length (A)				
12.20	2.61	4.67	<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
16.95	1.89	8.97	"	"
17.75	2.15	7.79	<i>Callionymus lunatus</i>	Dorome
18.40	2.80	6.57	<i>Chaenogobius heptacanthus</i>	Nikuhaze
18.60	6.60	2.82	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
20.40	3.10	6.58	<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
21.25	2.80	7.59	<i>Rhinogobius gymnauchen</i>	Himehaze
21.40	3.70	5.78	<i>Sillago sihama</i>	Kisu
22.25	3.80	5.86	<i>Neopercis sexfasciata</i>	Kurakakegisu
22.70	5.81	3.91	<i>Rhinogobius gymnauchen</i>	Himehaze
22.83	3.80	6.01	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
23.10	4.02	5.75	<i>Rhinogobius pflaumi</i>	Suzihaze
22.26	4.40	5.09	<i>Mylio macrocephalus</i>	Kurodai
23.40	4.50	5.20	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
23.60	5.30	4.45	"	"
24.00	4.35	5.52	"	"
24.09	4.90	4.92	"	"
27.40	4.45	6.16	"	"
24.75	3.64	6.80	"	"
24.85	4.05	6.14	"	"
24.90	6.30	3.95	"	"
24.90	5.20	4.79	"	"
24.90	5.35	4.65	"	"
25.00	6.10	4.10	"	"
25.40	4.10	6.20	"	"
25.45	5.70	4.46	"	"
25.60	3.00	8.53	<i>Sillago sihama</i>	Kisu
25.60	3.10	8.25	<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
25.70	5.20	4.94	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
25.73	3.71	6.94	"	"
26.10	3.24	8.05	"	"
26.21	4.90	5.35	"	"

26.68	4.30	6.20	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
26.68	4.20	6.35	"	"
26.89	3.20	8.40	<i>Chaeturichthys sciistius</i>	Komochijako
27.50	3.60	7.64	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
27.54	2.85	9.66	"	"
27.90	4.90	5.69	<i>Pseudoblennius cottoides</i>	Asahianahaze
28.15	4.20	6.73	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
28.40	4.50	6.31	<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi
28.40	3.60	7.89	<i>Chaeturichthys sciistius</i>	Komochijako
28.55	4.50	6.34	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
28.53	5.80	4.92	"	"
28.63	3.80	7.53	"	"
28.70	4.60	6.24	"	"
28.70	3.80	7.55	"	"
28.75	5.61	5.12	"	"
28.85	4.20	6.87	"	"
29.20	2.10	13.90	<i>Gobius</i> sp.	
29.72	4.50	6.60	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
29.69	3.60	8.25	<i>Callionymus lunatus</i>	Nezuppo
29.69	2.42	12.26	<i>Rhinogobius gymnauchen</i>	Himehaze
29.80	6.30	4.73	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
31.42	9.10	3.45	<i>Ammodytes personatus</i>	Ikanago
31.80	4.28	7.61	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
31.95	4.00	7.99	"	"
32.30	4.40	7.34	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiragi
32.50	4.20	7.74	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
33.05	3.50	9.44	<i>Sillago sihama</i>	Kisu
33.95	6.80	7.55	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
34.21	5.40	6.34	<i>Apogon lineatus</i>	Tenjikudai
34.58	9.10	3.81	<i>Cociella crocodila</i>	Inegochi
34.85	6.12	5.69	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
35.30	2.95	11.97	<i>Gobius</i> sp.	
35.65	4.20	8.49	<i>Chaeturichthys sciistius</i>	Komochijako
36.03	6.25	5.76	<i>Apogon lineatus</i>	Tenjikudai
36.80	7.40	4.97	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
36.80	4.60	8.00	"	"
37.40	7.20	5.19	<i>Chasmichthys gulosus</i>	Dorome
38.15	5.21	7.32	<i>Omobranchus loxozonus</i>	Nabeka
38.48	5.10	7.55	<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi
38.63	5.80	6.66	<i>Apogon lineatus</i>	Tenjikudai
38.63	6.30	6.13	<i>Chaeturichthys sciistius</i>	Komochijako
44.85	9.20	4.88	<i>Neopercis sexfasciata</i>	Kurakegisu
46.10	6.60	6.97	<i>Lotella phycis</i>	Isoiname
46.10	5.50	8.38	"	"
50.10	5.00	10.02	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko
69.25	8.00	8.16	<i>Leiognathus rivulatus</i>	Okihiragi
69.25	6.00	10.03	<i>Pseudorhombus</i> sp.	
75.40	9.24	8.16	<i>Scidorhombus pallidus</i>	Usugarei
88.55	11.10	7.98	<i>Cociella crocodila</i>	Inegochi

Table 184. Relation between the total length of prey (Pisces) and that of predator, *C. myriaster*.
Percentage is parenthesized.

Predator/prey Total length(cm)	2~4	4~6	6~8	8~10	10~12	12~14
10~20	1	1	1	1		
20~30	3	17	22	6	1	1
30~40	2	5	11	4	1	
40~50		1				
50~90					1	
60~70				1	1	
70~80				1		
80~90			1			
Total	6 (7.24)	24 (28.91)	35 (41.66)	13 (15.66)	4 (4.82)	1 (1.20)

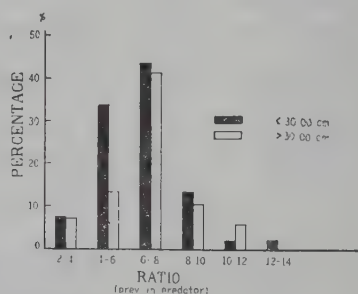


Fig. 95. Relation between the total length of prey (Pisces) and that of predator, *C. myriaster*, taken from Suō-nada.

Table 185. Number of species of food organisms in stomach, by size of predator, *C. myriaster*.
I, one species; II, two species; III, three species; IV four species; V, five species. Percentage was put in parenthesis.

Fishing ground Total length(cm)	Number of species	Ushima and its neighbouring waters					Hirao Bay		
		I	II	III	IV	V	I	II	III
10 ~ 20		4 (7.48)	1 (4.55)		1 (100.00)		4 (4.65)	2 (4.88)	
20 ~ 30		19 (37.25)	4 (18.18)	3 (33.33)			54 (62.79)	22 (53.65)	15 (62.50)
30 ~ 40		22 (43.14)	14 (63.64)	3 (33.33)		1 (100.00)	25 (29.06)	13 (31.70)	8 (33.33)
40 ~ 50		5 (9.80)	1 (4.55)	2 (22.22)			3 (3.49)	4 (9.76)	
50 ~ 60									1 (4.17)
60 ~ 70		1 (1.96)							
70 ~ 80			1 (4.55)	1 (11.11)					
80 ~ 90			1 (4.55)						
Total		51 (60.71)	22 (26.19)	9 (10.71)	1 (1.19)	1 (1.19)	86 (56.95)	41 (21.75)	24 (15.89)

3) 混 成 率

第185表に示したように全体的には捕食餌料が単に1種よりなる率が高い。すなわち沖合水域ではそれが60.2%, また内湾水域では57.0%を示す。2種類(類別)同時に捕食している個体の出現率は前者では26.2%, 後者では27.8%, 3種類同時に捕食しているものは前者で10.7%, 後者で15.9%の出現率をそれぞれ示した。さらに前者では4種および5種類を同時に捕食しているものがそれぞれ1個体みられた。そして全長の増加あるいは減少にともなって単一食に偏するような傾向は認められなかった。

4) 捕食と嚥下

被食魚の位置からみた被食魚に対する捕獲と嚥下の習性として、頭部から嚥下するか、あるいは尾部よりするかについてしらべた結果、前者のばあいが71.5%, 後者のばあいが28.5%, すなわち頭部からの捕獲嚥下が多いことが認められた。

そこで、室内実験として飼育水槽(2.0×0.5×0.8 m)に十分なれたマアナゴ26尾(全長30.20~41.50 cm)を放養し、これに餌料としてカタクチイワシ *Engraulis japonica* (死魚) およびイカナゴ *Amnodytes personatus* (生魚) を投与し、捕食状態と10時後の捕食率をしらべた結果、前者では頭部からの捕食が42.1%, 尾部からが47.7%, 側部からと思われるものが10.2%で、わずかに尾部からの捕食が高率を示した。また後者では頭部からが47.7%, 尾部からが33.3%, 側部からと思われるものが15.0%であった。ところでイカナゴのばあい1尾つつ投入して、その状態を観察したが、こうした状態は捕食魚と被食魚の位置によって決まるようで、頭部、後部および側部いずれからも捕食し、特別な捕食習性は認められなかった。三河(1955)によるとアブラガイでは被食魚の体長によって異り、被食魚の体長が捕食魚の体長の $\frac{3}{4}$ 以上の大型魚であると頭部から、それ以下の小型魚は頭・尾部の差別なく捕食することを観察したが、本種ではこうした傾向は認められない。

5) 胃内容量比率

Table 186. Correlation table between the total length and rate of body weight (BW) to food weight (FW) in *C. myriaster*. Numerals put in parenthesis, percentage.

WB(g)/FW(g)						
Total length(cm)	1 ~ 25	25 ~ 50	50 ~ 75	75 ~ 100	100 <	Total
10 ~ 20	16(10.13)	6(19.40)	1(10.00)	2(22.22)	—	25(10.87)
20 ~ 30	77(48.73)	9(29.00)	6(60.00)	2(22.22)	11(50.00)	105(45.65)
30 ~ 40	57(36.08)	11(35.48)	2(20.00)	5(55.56)	7(31.82)	82(35.65)
40 ~ 50	6(3.80)	4(12.90)	1(10.00)	—	3(13.64)	14(6.09)
50 ~ 60	1(0.63)	—	—	—	—	1(0.44)
60 ~ 70	—	1(3.22)	—	—	1(4.54)	2(0.87)
70 ~ 80	—	—	—	—	—	—
80 ~ 90	1(0.63)	—	—	—	—	1(0.44)
Total	158(68.69)	31(3.47)	10(4.34)	9(3.95)	22(9.55)	230(100)

まず、体重(BW)に対する胃内容物湿重量(FW)の割合(BW/FW)を第186表のように5区分して、全長別に出現率を求めると、体重に対して1~ $\frac{1}{2}$ g重量の餌を食べているものがもっとも多く、さらに体重の $\frac{1}{2}$ g~ $\frac{1}{5}$ g重量の餌を摂っているものがこれにつぐ。これらはいずれも全長20~40 cmのものがその大半を占める。しかし、全長50 cm以上のものは供試数が少ないので判然としないうが、それ以下の各成長段階のものでみると、体重に対する餌の重量の割合が全長の大きいものほど増加あるいは減少するような傾向的な偏りは認められない。これは全長別の胃内容量比率(平均胃内容物湿重量/平均体重)Rで表わしてみると一層明瞭である。すなわち第188表のように沖合水域のものでは、Rは0.019~0.107の範囲で、その平均値は0.530を示し、全長70~80 cmの魚体がもっとも大きく、60~70 cmおよび80~90 cmのものがそれぞれもっとも小さい。また内湾水域のものでは全長30~40 cmの魚体が最高値で0.091、また40~45 cmと50~60 cmの2区間では平均値よりいずれも小さい。つまり、両水域の間で比較すると、全長別ではRは安定していない。

Table 187. Coefficients (R) of stomach contents to body weight in relation to total length of predator, *C. myriaster*. R is same as in Table 172. Number of specimens is put in parenthesis.

Total length (cm)	Fishing ground (depth)	Ushima neighbouring waters (20~50 m)	Hirao bay (0~15 m)
10 ~ 20		0.094 (6)	0.089 (6)
20 ~ 30		0.028 (22)	0.091 (91)
30 ~ 40		0.053 (38)	0.090 (47)
40 ~ 50		0.063 (7)	0.050 (9)
50 ~ 60			0.058 (1)
60 ~ 70		0.019 (2)	
70 ~ 80		0.107 (1)	
80 ~ 90		0.019 (1)	

ところで、沖合水域で漁獲されたものと、内湾水域で漁獲された個体群の胃内容比率を比較してみると、前者では0.05、後者では0.08をそれぞれ示す。したがって内湾水域に生息するものは沖合水域にすむものより体重に対する捕食量が多い。この相違は両水域における肥満度の差異と一致する。

6) 餌料の種類による捕獲率からみた食性

1954年6月から1956年10月の間、漁獲（アナゴ籠による）に用いた餌料の種類別捕獲率（F'）を次式

$$F'_i = \frac{CI_i}{M} \times 100 \quad \text{ただし, } CI_i: \text{第 } i \text{ 回目の入籠尾数}$$

M: 供試籠数=30

$$F' = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F \quad N: \text{実験回数}$$

によって求め、マアナゴの食性を検討した結果は第188表の通りである。

Table 188. Coefficient of variation of catch (F') by species of fishing food in *C. myriaster*. N, number of experiment; M, number of eel basket (=30); CI, number of fish caught.

Species of preys used	$F' = 1/N \sum_{i=1}^N (CI_i \times 100)$
<i>Engraulis japonica</i>	26.64
<i>Trachurus japonicus</i>	22.50
<i>Etrumeus micropus</i>	16.63
<i>Sardinops melanosticta</i>	14.89
<i>Konosirus punctatus</i>	13.30
<i>Scomber japonicus</i>	10.31
<i>Apoegon lineatus</i>	6.24
<i>Gryphaea gigas</i>	1.91

すなわち、カタケチイワシを捕獲餌料とするばあいのがもっとも高率の効果があり、次いでマアザ、ウルメイワシ、マイワシ、コノシロ、サバ、テンジクダイの順に低下し、カキのばあいのがもっとも漁獲率が低い。

7) 捕獲用餌料の摂餌量

マアナゴが籠に入るまえに食べていた餌量に対する籠内で食べた捕獲用の餌の量の比は、後者がマアナゴの嗜好性餌料であるばあいには多くなるわけで、かりにこれを捕獲用餌料の摂餌量係数（C）として、次式

$$C = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n CW_i / BW_i}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n FW_i / BW_i} \times 100$$

ただし、FW_iは第 i 番目の魚の食べた天然餌料の湿重量。
 BW_iは第 i 番目の魚の魚体重。
 CW_iは第 i 番目の魚の食べた捕獲用餌料の湿重量。
 n は個体数。

によって餌の種類別にこれを求めた (第189表)。

Table 189. Showing the value of eaten rate (C) of *C. myriaster*. The rate is calculated for each species. FW, weight of natural food in stomach; CW, weight of fishing food in stomach; BW, weight of body; n, number of fish caught. Number of specimens examined is parenthesized.

Eaten rate of food(c)		$C = \frac{1/n \sum CW/BW}{1/n \sum FW/BW} \times 100$
Species of Food		
<i>Engraulis japonica</i>		12.20(20)
<i>Sardinops melanosticta</i>		22.20(18)
<i>Konosirus punctatus</i>		0.12(66)
<i>Scomber japonicus</i>		22.70(17)
<i>Trachurus japonicus</i>		1.50(15)
<i>Etrumeus micropus</i>		10.50(10)
<i>Apogon lineatus</i>		0(12)
<i>Gryphaea gigas</i>		—(0)

すなわち捕獲用餌料の摂餌係数はマイワシ、マサバ、カタクチイワシおよびウルメイワシなどが大きく、カキ、テンヂクダイは摂餌係数は示されなかった。こうした傾向はあとで述べるように漁獲率によく現われており、餌料に対する嗜好性、あるいは選択性を認めることができる。

さらに室内実験として、長期間の飼育によってよくなったマアナゴ9尾(総重量762g)を水温14.45～17.00°Cの水槽に放養し、第190表に示した種類で新鮮な餌(ただしゴカイのみ生餌)を100gづつ組合わせ、毎夕18時に懸垂投餌し、12時間後、すなわち翌朝6時に残餌の湿重量を測定し、その差を捕食量として、種類別の摂餌率を求めた結果(第190表)、実験1の群ではアカエビの捕食率が主位を占め、平均85.0%、

Table 190. Variation of the eaten weight(g) by species of food in *C. myriaster*.

Species of food	Items Group	Baiting Food weight [100g—(remnants of food weight)]					Average
		1	2	3	4	5	
<i>Engraulis japonica</i>	1	79.0	55.0	72.0	36.0	36.0	53.60
<i>Ammodytes personatus</i>		64.0	45.0	86.0	27.0	24.0	45.60
<i>Metapenaeopsis barbatus</i>		100.0	100.0	90.0	64.0	71.0	85.00
<i>Engraulis japonica</i>	2	71.0	44.0	51.0	79.0	48.0	58.60
<i>Areliscus interruptus</i>		13.0	12.0	11.0	32.0	40.0	21.60
<i>Apogon lineatus</i>		32.0	27.0	37.0	14.0	43.0	30.60
<i>Metapenaeopsis barbatus</i>	3	89.0	76.0	100.0	—	—	88.33
<i>Thalamita picta</i>		0	0	0	—	—	0
<i>Nereis japonica</i>		46.0	90.0	38.0	—	—	58.00
<i>Gryphaea gigas</i>		0	0	0	—	—	0

ついでカタクチイワシが53.6%、イカナゴが45.6%を示した。実験2ではカタクチイワシをもっとも多く摂っており、平均58.6%、ついでテンヂクダイが30.6%、ゲンゴがもっとも低く21.6%を示す。実験3では、アカエビが88.3%、ゴカイが58.0%、カキは捕食されず全部残っていた。以上の結果は上述のアナゴ籠による試みとはほぼ一致しており、餌料生物に対する嗜好性が認められる。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するハモおよびマアナゴの食性についてしらべた。とくにハモでは産卵期の食性、マアナゴでは仔魚の食性、沖合および島の周辺の水域に生息するものと10 m 以浅の内湾浅海域に生息す

るものの胃内容組成および餌料生物の嗜好性などについて検討した。

2. ハモの消化系各部の大きさは第 163 表の通りである。
3. 産卵期、ハモの捕食率は低下し、完熟に達した魚体ではすべて絶食状態を示す。
4. 全長 30~60 cm の範囲のハモとそれより大きいものとの胃内餌料の組成は著しい相違がない。
5. ハモの胃内餌料組成はエビ類がもっとも多く、ついでカニ類、魚類、イカ類、シャコ類、タコ類で、それらのうちエビ類は *Metapenaeopsis* 属のもの、カニ類ではフタホシイガニをもっとも多くとっている。
6. マアナゴの消化系各部の大きさは第 174 表の通りである。
7. 伸長期の後期および変態期の仔魚は捕食しないようである。しかし、変態を脱する直前から再び捕食しはじめ、変態後は旺盛となり、かなり大型の動物性浮游生物や多毛類などを好んで捕食する。
8. 未成魚および成魚の胃内容組成は、内湾に生息するものでは魚類が多く、ついでカニ類、エビ類、多毛類で、沖合および島の周辺水域のものではエビ類がもっとも多く、ついで魚類、カニ類などを多く捕食する。
9. マアナゴでは餌料生物に対する嗜好性が認められる。

第四章 生殖生態 Chapter IV. Breeding habits

まえがき

生殖腺の熟度、抱卵数、性比などを究明することは産卵期、再生産力、親魚の特徴および産卵群の構成状態などを考察するに必要の資料である。日本産のハモ科およびアナゴ科において、このような研究は少なく、前者では多々良 (1952)、西海区水産研究所 (1953, '55)、高井 (1956)、野中と岡田 (1957)、西川 (1957) など、また後者では海老名 (1931) の業績があるに過ぎない。

よって著者は周防灘中部水域に産するハモおよびマアナゴの生殖生態について追求した。とくにウナギ目魚類では産卵水域における親魚の性比はよくわかっていない。幸いハモは周防灘では比較的近距离に産卵場があるので、この点については重点的に乗船調査を行った。

実験の材料および方法

供試したハモは 1954 年 5 月から 1954 年 9 月下旬にわたる間、周防灘中部水域で、小型底曳網および延縄によって漁獲した全長 35.3~97.4 cm のもの 391 尾を供試した。

マアナゴは 1953 年 6 月から 1957 年 2 月まで、上記の水域で小型底曳網、延縄、アナゴ籠などによって漁獲した全長 12.2~95.9 cm のもの 912 尾を供試した。

性別および熟度の判定については松井ら (1947) および松井 (1952) が用いた肉眼的方法にもとづいて識別した。また抱卵数および卵径の測定は多々良 (1952) が行なった方法を用い、左右の卵巣をそれぞれ 10 等分し、各断片毎の単位重量当りの卵数および卵径を顕微鏡下で測定し、卵巣内分布の一様性をしらべたあと、各個体について調査した。

実 験 結 果

A. ハ モ

1. 生殖腺の形態

卵、精巣はともに腹腔の背部に位置し、前部は胸部の直後から始まって、消化管の両側に沿って後方に走り、後端は肛門より遙か後方の腎臓の両側に達する。未熟期ではひも状をなすが、半熟期に入ると卵が膨大

するにともない外形はしだいに縮結して、後期には房の形成がみられる。

成熟期に達した精巣および卵巣の形態は第96図および第97図に示したように各房は膨隆し、両葉の下端は腹腔の下部まで達する。完熟の状態になると精・卵巣ともに左右は腹腔の下部で合し、完全に内臓諸器官を包む(第100図)。

生殖腺の発達段階における外形の変化および卵の状態を大別して成熟度の階級を与えたとつぎのようである。

不明期：生殖腺が oogonia および spermatogonia の時期にあって、肉眼的には糸状を呈し、性の識別は組織的方法によらなければ困難である。

未熟期：不明の状態より遙かに発達し、精巣および卵巣はひも状を呈し、雌にあっては、検鏡すると多角形の卵粒が認められる時期に達したもので、この後期にあっては精房と卵房は、はっきり認められる。

半熟期：未熟期より精巣は肥大し、各精房は発達し、左右両葉は膨れて消化管の上部をおおう。卵巣は肉眼的に球形の卵粒が認められる。卵粒は淡黄色であり、左右両葉の下端はしだいに伸びて消化管の一部分をおおうようになる。

成熟期：精巣は膨隆し、両葉の下端は腹腔の下半部に達する。強く圧すると輸精管より精液が流れ出る状



Fig. 96. Testis of *Muraenesox cinereus* in mature stage. a, from above; b, from side; c, from side but the lobe is opened out; d, parts of cloaca from vent. ab, air bladder; bs, blind sac; cl, cloaca; cp, cardiac portion of stomach; pc, pyloric portion of the same; ra, rectum; sd, spermatic duct; te, testis.



Fig. 97. Photograph of testis in mature stage of *M. cinereus*, from lower side of body.

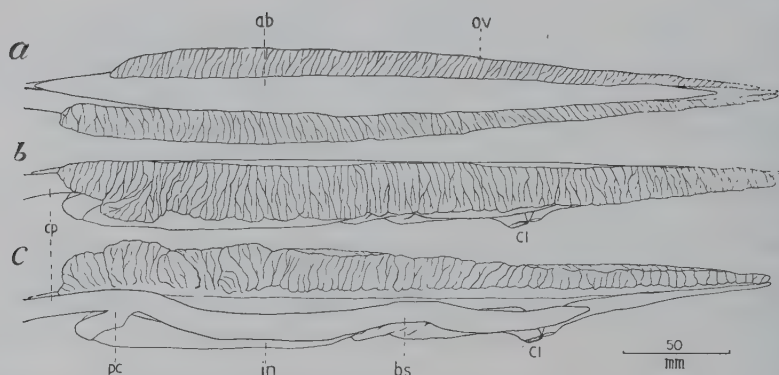


Fig. 98. Ovary of *M. cinereus* in mature stage. a, from above; b, from side; c, from side but the lobe is opened out; ab, air bladder; bs, blind sac; cl, cloaca; cp, cardiac portion of stomach; in, small intestine; pc, pyloric portion of stomach ov, ovary.

態となる。卵巣全体が膨隆して左右両葉の下縁は腹腔の下半部に達する。強く圧すると卵巣膜は破れ、卵は腹腔に落ち、肛門直後の小孔より出る。

完熟期：精巣は完全に発達し、左右両葉は下方で全くまじわり、重なりあって内臓諸器管を包み、わずかの加圧によっても放精する。

卵巣の両葉は肥大し、左右両葉は下方で完全にまじわり、たがいに重なりあって内臓諸器管を包む。軽く加圧するだけで卵巣膜が破れ、卵は体腔内に落ち、肛門直後の小孔から流れ出る。放卵中のものも完熟期に含める。

放卵・放精後：精巣は放精によって萎縮し、両葉の各精房は不規則に破れ、精巣の一部が残っている。卵巣の各房はちぎれ、不規則に小粒・中粒の残存卵粒が体腔内に残る。

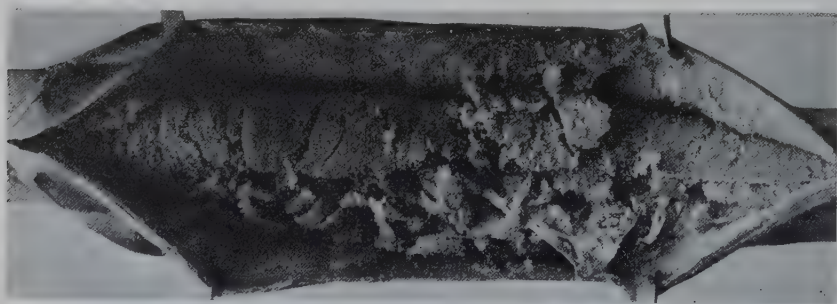


Fig. 99. Photograph of ovary in mature stage of *M. cinereus*.

成熟期に達した個体の左葉の卵巣長について、全長に対する割合をみると、全長 82.2 cm のもので 31.4 cm、全長 88.6 cm のもので 33.7 cm、全長 89.2 cm のもので 35.2 cm であり、卵巣長は全長のおよそ 40 % を占める。さらに左葉と右葉の差は上記標本ではそれぞれ前者の方が 3.1 cm、2.8 cm、1.9 cm 大きい。左側精巣は全長 53.4 cm の魚体で 18.3 cm、全長 53.4 cm の魚体で 22.1 cm であり、卵巣と同様に全長のおよそ 40 % を占める。また左右両葉の差は上記標本ではそれぞれ 2.9 cm、1.7 cm で、いずれも左葉が大きい。そし

てごく稀れに右葉が左葉より著しく短く60~70%の長さを示すものがある。

左葉が右葉より大きいことはウナギ(松井, 1956)でも、また後述するマアナゴでも同様である。

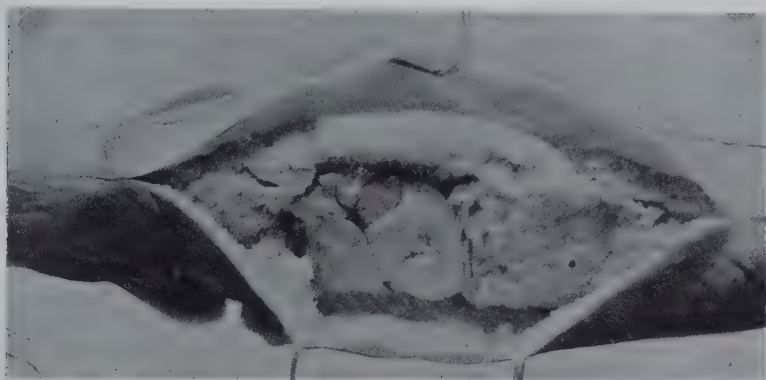


Fig. 100. Ovary of *M. cinereus* full matured. Abdominal region is opened out.



Fig. 101. Condition of the ovary after spent of *M. cinereus*. Abdominal region is opened out. in, small intestine; ov, ovary; eg, egg.

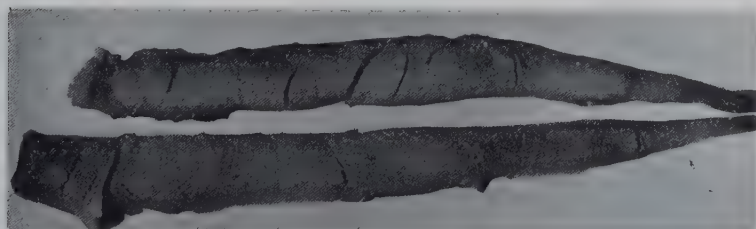


Fig. 102. Difference in size of the left and right ovaries in mature stage of *M. cinereus*.

2. 卵巢内の卵径

成熟卵巢の各部位(10等分)における卵径の平均値によって、卵巢内卵径の均一性について検討した結果の1例を第103図と第104図に掲げた。すなわち、卵巢の各部位による著しい差異、あるいは傾向的な相違は認められない。したがって採集標本のうちから成熟および完熟に近い卵巢を有する魚体をしらべた結果、

Table 191. Relation between the length and weight of the gonad in various size of the fish of *M. cinereus*.

Total length(cm)	Sex	Gonad		Right side		Left side	
				length(cm)	Weight(g)	length(cm)	Weight(g)
51.70	Male			16.40	6.00	18.40	6.70
53.40				15.40	4.00	18.30	5.50
56.70				17.40	4.90	19.30	5.30
57.50				20.70	4.80	21.00	7.10
63.80				20.40	11.90	22.10	14.80
67.00				24.60	16.00	26.50	19.70
82.20	Female			28.60	53.00	31.40	87.50
88.60				30.60	50.60	33.70	60.40
89.20				33.00	52.12	35.24	78.62

前者では0.63～1.50 mm，平均1.26 mm，後者では1.46～2.21 mmで，平均1.81 mmを示した。ところで成熟期の卵巣には第103図に示すように1.2～1.5 mmの範囲の1次性透明卵と，0.6～0.8 mmの2次性不

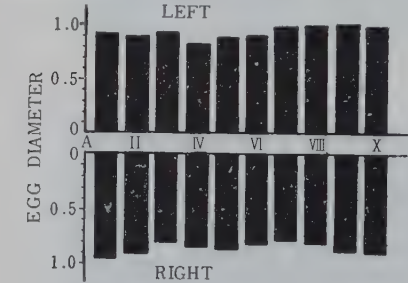


Fig. 103. Average egg diameter(mm) in each section in the matured ovary of *M. cinereus*. Roman numerals show the position of ovary. A, anterior tip of ovary.

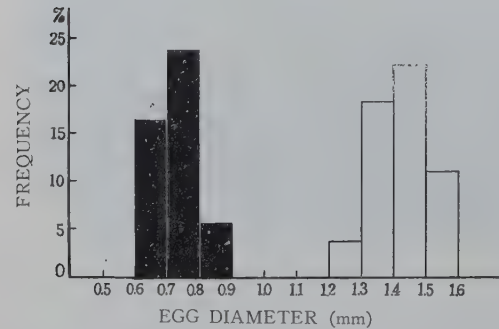


Fig. 104. Distribution of egg diameter in one section of the matured ovary in *M. cinereus*.

透明卵の2つの卵群がみられるが，完熟期の卵巣においては上述の2次性の不透明卵は1.4～1.6 mm程度の透明卵に発達し，受精能力をもつようになる。すなわち卵細胞はほとんど同時に，かつ一様に成熟するようである。したがって産卵は一回で終ると思われる。

多々良 (1952) は紀伊水道産ハモで，完熟卵の最大卵径1.6 mmを報告し，西海区水産研究所 (1953) は東支那海産で1.65 mmを記載しているが，これらは周防灘産のそれと比較すると小さい。

3. 抱卵数および産出卵数

ウナギ目魚類の抱卵数の測定には従来の体積法や重量法のはかに松井 (1952) がウナギで採用した組織的重量法のような方法があるが，本実験では一般の魚類で用いられている重量法を用いた。まず，成熟卵巣内各部の卵数分布の均一性を検討した結果は第105図に示す通りである。すなわち各部位による傾向的な差異は認められない。したがって10区間の各断片の1g中に含有する卵数の総和，すなわち10g当りの卵数によって卵巣重量から卵巣内の全卵数を算定すると，全長78.6 cmのもので183,000粒，全長82.2 cmのもので310,000粒，全長87.9 cmのもので624,000粒，

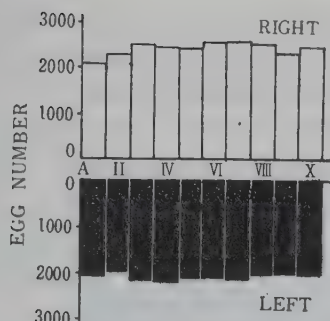


Fig. 105. Number of eggs in each of the 10 sections of a matured ovary in *M. cinereus*. Roman numerals show the position of section. A, anterior tip of ovary.

全長 92.4 cm のもので 886,000 粒の抱卵数が算出された。

西海区水産研究所 (1955) は東支那海産ハモで 180,000 ~ 1200,000 粒の抱卵数を算出し、魚体が大いものほど抱卵数が多くなることを明らかにしている。著者の調査範囲では 900,000 粒以上は認められなかったが、魚体が大いほど抱卵数が多い傾向を認める。産卵数については、放卵直後と思われる魚の卵巣の状態と残留卵の状態から (第 105 図)、正常な状態では一時にほとんど全卵が産出されると考えられる。

4. 群成熟度

既述の生殖腺の発達程度の区分にもとづいて、産卵期およびその前後の時期に現われる産卵群の成熟度の組成の旬別変化をみると第 192 表の通りである。すなわち、該期における雌の出現率はきわめて低く、熟度組成の時間的変化

Table 192. Change of the degree of maturity with advancement of the fishing season in *M. cinereus*. 1, Immature stage; 2, half mature stage; 3, mature stage; 4, full mature stage; 5, spawned-out. Number of specimens was put in parenthesis.

Month	Date	Sex Maturity Individuals	Male					Female				
			1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
July	1—9	No. (%)	(1) 4.3	(18) 78.2	(4) 17.3	—	—	—	(6) 100.0	—	—	—
	10—19	No. (%)	(1) 1.6	(43) 71.7	(16) 27.7	—	—	—	(9) 100.0	—	—	—
	20—31	No. (%)	(2) 4.8	(28) 66.7	(12) 28.6	—	—	—	(3) 37.5	(5) 62.0	—	—
Aug.	1—9	No. (%)	(1) 1.0	(31) 31.3	(67) 67.7	—	—	—	(23) 100.0	—	—	—
	10—19	No. (%)	—	(11) 18.8	(32) 55.2	(15) 25.9	—	—	—	(1) 25.0	(2) 50.0	(1) 25.0
	20—31	No. (%)	—	(4) 3.0	(69) 57.0	(48) 39.7	—	—	(1) 16.7	(3) 50.0	(1) 16.7	(1) 16.7
Sept.	1—9	No. (%)	—	—	(32) 58.2	(19) 34.5	(4) 7.3	—	—	(7) 58.0	(4) 33.3	(1) 8.3
	10—19	No. (%)	—	(2) 1.4	(57) 39.6	(82) 56.7	(3) 2.1	—	—	(2) 50.0	(2) 50.0	—
	20—30	No. (%)	—	—	(24) 53.3	(15) 33.3	(6) 13.3	—	—	(4) 80.0	(1) 10.0	(1) 10.0

に著しい傾向は認め難いが、成熟魚はほぼ 7 月初旬から出現しはじめ、8 月中旬になると完熟、放卵中および放卵後の個体が出現する。また、9 月の下旬において成熟・完熟魚がまだ高率に出現する。しかし、9 月下旬以降の個体はすべて放卵後のものである。

雄では 7 月から 8 月初旬に半熟群がかなり出現するが、中旬以降はみられない。成熟群の出現率は 7 月初旬以降はしだいに低下し、反対に完熟群が増加する傾向が著しい。

以上の結果からみて、産卵期は個体差があるため相当長期にわたるが、その盛期* は 8 月中旬から 9 月中

* 1957 年においては 8 月中旬から 9 月初旬であった

旬と推定される。10月初旬になると漁獲高は急に減少し、漁獲魚は放卵・放精後のものばかりである。さらに10月中旬に入るとハモの漁獲はほとんどなくなる。

5. 産卵期における産卵群の雌雄組成

雌の出現率を大きさ別にみると、全長 50~65 cm の範囲では 1.0~2.0%、全長 65~85 cm では 11.0~12.0 %、さらに 85 cm 以上では 41~42% を示した。

産卵盛期におけるハモの性比を知るため、1954年8月10日から9月10日までに漁獲されたハモの標本をしらべた(第107図)。雌の出現率はわずかに5.5%で、他はすべて雄であった。

西海区水産研究所(1953)によると東支那海産のハモは1月から6月頃まで雌が多く、夏には反対に雄がやや多くなり、秋は雌雄はほぼ同率となる傾向を認め、かような季節的な変化は、産卵期に雌雄が合流し、産卵期を過ぎるとしたいいに雌と雄とは別々に成群し、回遊するために起るものと考えた。

一方、多々良(1952)は紀伊水道産のハモでは産卵期に近づくにしたがって雌の出現率は低くなり、とくに産卵盛期と考えられる7月に最低を示すが、これは産卵習性と関係があるのではないかと述べている。著

者の調査結果も多々良(1952)のそれとよく一致し、産卵期には著しく雌の出現率が低くなる。こうした雌の出現率の低下の原因は実証されないので判然としなが、周防灘水域における始漁期、すなわち梅雨期の性比は産卵期におけるそれに比してやや雌の出現率が高く、23.7%を示すが、やはり雄の方が著しく多く、また雄は一時に多量漁獲されるばあいしばしばあるが、雌ではこんなばあいがきわめて少ないことから、雌は雄に比して少なく、かつ産卵期には多々良(1952)が述べたように、常時と異った習性が現われ、こうした結果がみられるのではないかと考えられる。いずれにせよ、周防灘では雌の出現率が雄のそれに比して高くなる時期はない。

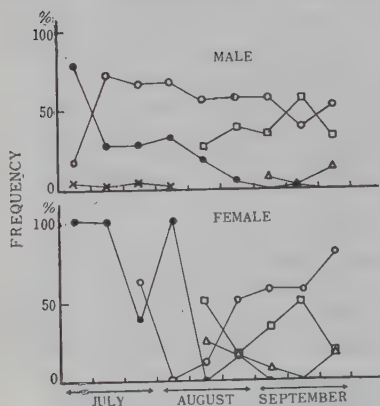


Fig. 106. Change of the degree of maturity with advancement of the fishing season in *M. cinereus*. x, Immature stage; ●, half mature stage; □, full mature stage; △, spawned-out.

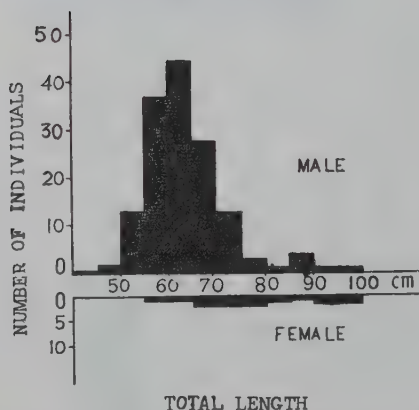


Fig. 107. Constitution of total length of the sex-ratio of *M. cinereus* in spawning season.

B. マアナゴ

1. 生殖腺の形態

生殖腺の発達にもなる形態の変化はハモのばあいと似ている。すなわち雌雄不明の段階ではひも状をなし、内部は spermatogonia および oogonia の状態にある。半熟期に達すると第 108 図に示すようにや



Fig. 108. Ventral view of left (upper one) and right (lower one) lobes of half matured ovary in *C. myriaster*.

や肥厚し、表面は縮結して膜皺を生じる。さらに成熟期に達すると各房は膨隆して下方に拡がり内臓諸器管を包むようになる。

左右両葉はハモのそれらと同じように不相称で、左葉が右葉より大きい。成熟初期の卵巣の左右の長さの比(左葉/右葉)は 1.10 ± 0.06 である。半熟および成熟初期に達した魚体で、全長(L)と卵巣の左葉の長さ(Y)の関係をしらべた結果、 $Y = 0.22L + 3.59 \text{ cm}$ が危険率 0.05 で成立する。

2. 卵巣内の卵径

半熟の後期および成熟の初期に達した個体の卵巣を顕微鏡下で観察すると、すでにかなり発達した大小の卵群が充満し、大きい卵はほぼ球形をなし、そのなかに多くの油球が認められる。

卵巣内各部の卵径を知るために成熟の初期に達した個体の卵巣(全長 76.2 cm, 体重 1058 g, 左葉 5.40 g, 右葉 4.20 g)を 10 等分し、各断片における 1 次卵の平均卵径を求めて比較した結果(第 193 表)、各部においてはほぼ一樣であることが確かめられた。そして 2 次卵は 1 次卵の間隙にみられるが、その数はきわめて少なく、したがって卵細胞は全部同時に成熟して卵巣内を埋めると考えられる。

Table 193. Diameter of ovarian eggs in each of the 10 sections of ovary in *C. myriaster*.

Section Lobe	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Right	0.1116	0.1122	0.1131	0.1177	0.1126	0.1148	0.1089	0.1188	0.1143	0.1129
Left	0.1141	0.1236	0.1147	0.1198	0.1192	0.1107	0.1186	0.1188	0.1119	0.1112

さらに 1955 年 10 月から 1956 年 1 月までの各月において漁獲された大型(60 cm 以上)の個体のうちでもっとも生殖腺の発達した 1 個体の卵径を測定した(第 194 表)。すなわち 10 月では $0.168 \pm 0.009 \text{ mm}$, 11 月では $0.172 \pm 0.013 \text{ mm}$, 12 月では $0.182 \pm 0.014 \text{ mm}$, 1 月では $0.264 \pm 0.020 \text{ mm}$ で、卵径はしだいに増している。これらのうち、最大卵径は 0.306 mm で、これは全長 95.9 cm の雌に認められた。ところで日本産ウナギの成熟した卵巣卵の大きさについて、雨宮(1921)は 0.15~0.20 mm, 蒲原(1933)は 0.3 mm, 松井(1952)は 0.378~0.394 mm をそれぞれ記載している。すなわち、ウナギとマアナゴの卵巣卵の大きさはほぼ似て

Table 194. Monthly change of the diameter (mm) of ovarian eggs in *C. myriaster* taken during the period from October to January. Numerals put in parenthesis show number of specimens.

Month	Item	Range	Average	Standard deviation	Coefficient of variation
Oct.		0.143~0.181 (1)	0.168±0.009	0.016	9.467
Nov.		0.129~0.223 (1)	0.172±0.013	0.026	15.116
Dec.		0.130~0.207 (1)	0.182±0.014	0.029	15.934
Jan.		0.221~0.306 (1)	0.264±0.020	0.042	16.047

いる。そしてマアナゴの産卵状態は完熟期に達した個体を観察していないのではっきりしないが、成熟度を同じくする時期の卵巣内卵径分布が既述のハモやウナギ（松井，1952）のそれとよく相似した点があり，1回の産卵で全卵を放出するのではないかと考える。

3. 抱 卵 数

卵径分布の一様性を知るため成熟個体の卵巣（全長 76.2 cm，体重 1058.0 g，卵巣の左葉 5.40 g，右葉 4.20 g）を 10 区分し，各断片の単位重量 5 mg 当りの 1 次卵数を測定した（第 109 図）。これによると左葉の第 2 断片は著しく小さい値を示し，棄却検定によると棄却されるが，他は有意差が認められず，したがって卵巣内卵数分布は各部ともほぼ均等であるとみられる。

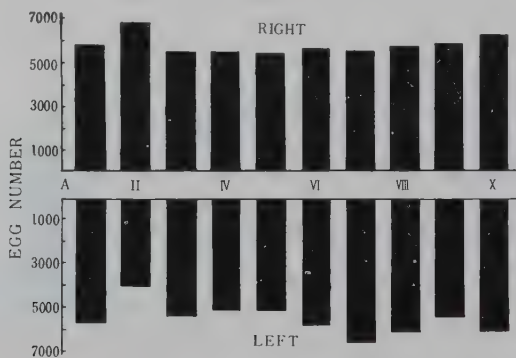


Fig. 109. Number of eggs in each of the 10 sections of a matured ovary in *C. myriaster*. Roman numerals show the position of the section from anterior to posterior. A, anterior tip of ovary.

以上の結果から半熟および成熟期の標本を選び，それらの抱卵数を算定したのが第 195 表である。すなわち供試範囲における最多卵数は 11,945,891 粒，最少卵数は 1,111,280 粒，平均卵数は 4,284,196 粒を示した。さらに抱卵数と全長および体重の関係をみると，それぞれ相対的關係が認められ，抱卵数(N)と全長(L)は， $N = 0.015L^{4.332}$ ，抱卵数(N)と体重(W)は， $N = 277.7W^{1.506}$ の關係式が成立する。

4. 性 比

周防灘中部水域で漁獲された全長 12.05~95.90 cm の 627 尾の性比について検討した結果，雌雄の識別可

Table 195. Number of ovarian eggs in half matured and matured fish of *C. myriaster*.

Total length (cm)	Body weight (g)	Number of ovarian egg		
		Left ovary	Right ovary	Total
55.9	265			1243,200
61.3	380			1547,000
62.1	421			2371,770
62.3	304			1111,280
63.1	516			3866,400
65.4	527			2945,760
71.0	591			2112,800
71.3	664			3241,200
76.2	1058	6146280	4780440	10926,920
80.4	894	3324230	2301390	5625,620
92.1	1262	6715545	5230346	11945,891
94.7	1578	2811542	1660973	4472,515

能の標本はおよそ23%, すなわち 144 尾で, その最小全長は雄では 2 年魚に相当する全長 23.6 cm, 雌では 30.6 cm であった。そして性別不明なのは当才魚の全部と 2 年魚の大部分のもので, その最大全長は 34.9 cm である。

識別が可能であった 144 尾では, 雄は38.2%, 雌61.8%で, 雄に比して雌の出現率が高い。これらを年級別にみると, 2 年魚では雌83.2%, 雄16.8%, 3 年魚では雄がやや多く50.5%, 雌49.5%, さらに 4 年魚では雄が 33.3%, 雌 66.7%, 5 年級以上では雌ばかりであった。

Table 196. Sex-ratio in each age class of *C. myriaster*.

Sex Age class	Sex unknown		Male		Female	
	Number	%	Number	%(♂ : ♀)	Number	%(♂ : ♀)
2	483	98.77	1	0.21(16.80)	5	1.02(83.20)
3			46	(50.54)	45	(49.46)
4			9	(33.33)	18	(66.67)
5					15	(100.00)
6					2	(100.00)
7					3	(100.00)
Total	483	77.03	56	8.94(38.20)	88	14.03(61.80)

要約ならびに考察

ハモの卵巣内全卵は同時に完熟し, かつ 1 回で産卵すると認められる。マアナゴの半熟および成熟卵巣内の卵も部位による熟度の著しい差はなく, ハモにおけると同じように, 同一個体では一様に完熟し, 全卵は 1 回で放出されると考えられる。

しかし成熟卵径はハモとマアナゴでは著しく異なり, 前者の方が大きい。すなわちハモの成熟卵は0.63~1.53 mm, 平均 1.26 mm, また完熟卵では1.46~2.21 mm, 平均 1.81 mm になるが, マアナゴの卵は成熟期に達したもので0.31 mm である。他のウナギ目魚類の成熟卵径をみるに, 日本産ウナギでは雨宮 (1921), 蒲原 (1933), 松井 (1952) などの報告によると 0.15~0.39 mm であり, ヨーロッパ産ウナギでは WALTER (1910) が 0.08~0.30 mm, BRUUN (1949) らが Oostrongen ホルモンや Hexoestrol A, B などを入腹膜に注射して成熟を促進させたもので 0.5 mm を認めた。アナゴ類では神谷 (1915) の記載によるとゴテンアナゴ *Anago anago* では 1.14~1.30 mm, また著者の研究では周防灘産のゴテンアナゴでは 0.61~1.22 mm

である。すなわち沿岸に産卵場をもつハモやゴテンアナゴは卵径が大きく、マアナゴは、深海に産卵場をもつウナギ類と類似して小さいことが注目される。

さらに抱卵数は周防灘産ハモでは18~88万粒、西海区水産研究所(1953)によると18~120万粒である。これに対しマアナゴでは海老名(1931)によると800~1,000万粒、著者の調査はで100~1,000万粒で、ハモにおけるより著しく多い。ウナギの抱卵数は松井(1952)によるとマアナゴより多く、300~1,700万粒である。また大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* では7,925,280粒であることがCUNNINGHAM(1891)によって報告されている。さらに周防灘産ゴテンアナゴではおよそ11~78万粒である。

以上の結果からみると沿岸に産卵場をもつ種類では抱卵数が少なく、深海水域に産卵場をもつ種の抱卵数が多い傾向があるように思われる。性比は、ハモでは全体的に雌が少なく、ことに産卵期(産卵水域)には減少する。また年令別には高年魚になるほど雌が多くなる。こうした傾向は多々良(1952)も紀伊水道産ハモではほぼ同様の結果を得ている。西海区水産研究所(1953)は時期的相違を認め、6月まで雌が多く、夏は反対に雄が多くなり、秋には同率となるが、これは結局、雌雄は産卵期に合流し、他の時期には別々に群行動をしているのではないかとしている。周防灘においても始漁期あるいは盛漁期に性別の漁獲内容が偏在し、濃密な雄魚群が羅網することがしばしばある。しかし雌ではこうした現象は稀れである。マアナゴでは全体的に雌が高率に出現し、年令別比では3年魚ではわずかに雄が多いが、他の年級ではすべて雌が多く現われた。さらに生物学的最小型はハモ、マアナゴともに雄の方が小さい。しかし決定的性分化*の最小全長はいずれも雌の方が小さく、雌性化は早いようである。

ハモの産卵期に関する既往の業績をみるに、宇井(1929)は紀州では5~7月、水産庁調査研究部(1949)の集録資料によると浜島6~7月、土佐5~6月、宇和島7~8月、西条7月、香川6~7月である。また多々良(1952)は紀伊水道産は徳島外域で7月頃と推定し、西海区水産研究所(1953)は東支那海産ハモは4月下旬から7月下旬にわたるが、南部では早く、北部では遅い傾向のあることを明らかにした。そして周防灘産ハモはほぼ7月中旬から9月下旬乃至10月初旬、その盛期は8月中旬から9月初旬であり、全体的にみて概して温暖な水域に生息するものが早く産卵するようである。

マアナゴについては神谷(1915)が館山で7月~9月、水産庁調査研究部(1949)の集録資料によると浜島7~8月、三谷7~8月、延岡6月上旬~7月、仙崎5~6月、大草4~5月、明石11~12月、洲本10~12月、香川7~8月、宇和島6~10月となっている。ところで周防灘水域では半熟期および成熟期に達した個体が出現するのは11月から翌年4月、すなわち秋から春までの期間である。しかしこの間、完熟卵をもつ魚体がクロアナゴと同じように全く出現しないこと、比較的熱度の高い魚体が高率に出現する沿岸や島の周辺水域で受精卵および初期仔魚が全くみられないこと、すでに10月下旬には体長80 mm以上に達した伸長期の仔魚が沿岸に出現すること、さらに変態期間はハモよりも長く、仔魚および稚魚の出現時期、本邦および朝鮮沿岸における地理的分布、抱卵数などからウナギ(松井, 1952, '52)と非常に類似している諸点から推して、マアナゴの産卵場は大西洋 *Conger vulgaris* やウナギ類と同じように深海に存在すると推察し、さらにその距離はマアナゴの変態期がアメリカ産ウナギや日本産ウナギに比して短いこと、接岸時の発育段階がウナギにくらべて早期のものであることなどから、日本産ウナギの産卵場より近く、したがって深海が沿岸に接近した黒潮本流あるいは支流水域で産卵が行われると推察した(第七章、産卵場に関する研究)。したがってマアナゴはウナギと同じように産卵場への回遊期間が存在することになる。

そして沿岸に來遊した仔魚がもっとも早く変態期に入る時期はおおよそ1月中旬、沿岸で仔魚がほとんどみられなくなる時期は6月初旬、また仔魚および稚魚がもっとも多量に漁獲され、全長組成が複雑になる時期は3月および4月である(第一章、全長組成および肥満度に関する研究)。したがって主産卵期間はおよそ5カ

* RODOLICO(1933)は *Anguilla anguilla* の生殖腺の性状について1)中性の第一段階、2)早熟性の雌性化の段階、3)若年の両性具備の段階、4)雄性化あるいは決定的雌性化の段階の4つに分けた。

月にわたると推定され、3月および4月に出現する仔魚はほぼ産卵盛期に産出したものと思われる。そして秋(10月頃)接岸する日本産ウナギのシラス期の稚魚の孵出から接岸までの期間は SCHMIDT (1925) が明らかにしたアメリカ産ウナギと同様におよそ1年であることが松井(1952)によって明らかにされている。したがって、マアナゴは日本産ウナギよりも孵出から接岸までの期間が短いと推察し、さらに神谷(1915)や水産庁調査研究部(1949)による各地の記載および周防灘における近縁種のゴチアナゴ、キツネアナゴなどの産卵期が初夏から盛夏であることなどを併せ考えると、マアナゴの産卵期は春から夏で、その盛期はそれらの中間時期と推察される。

摘 要

1. 周防灘中部水域に生息するハモおよびマアナゴの生殖生態、ことに産卵期について追求した。
2. ハモの卵巣内卵径は成熟期のもので0.63~1.50 mm、完熟期のものでは1.40~2.21 mm、マアナゴでは成熟期のもので0.13~0.31 mmを示した。
3. 両種ともに卵巣内の卵細胞はほとんど同時に成熟し、産卵は1回でおわるようである。
4. ハモの抱卵数は供試範囲では183,000~886,000粒、マアナゴでは111,280~11,945,891粒が算出された。
5. 放卵直後のハモの腹腔にはきわめてわずかの残留卵が散在する。したがって正常な状態では卵は一時に全部が放出され、産卵数と抱卵数はほぼ等しいと思われる。
6. ハモの産卵群の性比は雄94.5%、雌5.5%で、雌の出現率は低い。マアナゴでは雄38.2%、雌61.8%で、雌の方が多い。そして両種とも高年魚には雌が多い。
7. ハモの産卵期は8月~10月、その盛期は8月中旬から9月初旬、マアナゴでは春から夏にわたると思われる。

第五章 卵発生と仔魚前期

Chapter V. Egg development and prelarval of the sharp-toothed eel

ま え が き

ウナギ目魚類の初期生活史、とくに卵発生に関する業績はきわめて少なく、アナゴ科魚類の数種について EIGENMAN (1902)、アナゴ科の1種 *Congrellus anago* (= *Anago anago*) について神谷(1919)の断片的な報告があるに過ぎない。著者は周防灘水域に生息するハモの産卵期、産卵場、放出された授精卵および孵出した仔魚の分布とそれらの発育状態などを究明するための基礎資料として人工受精を試み、その発生と仔魚前期の形態・成長などを観察した。マアナゴについては現在のところ種々の点から完熟魚の採集は困難であると考えられるに至った。よって本章ではハモについてのみ記載する。

実験の材料および方法

産卵期に入るとハモの雄は多量に漁獲され、そのなかに供試魚として適当な完熟魚が多く含まれるが、雌の漁獲率は著しく少なく、ことに完熟魚の漁獲はきわめて少ない。しかし毎年8月15日から9月10日までは実験遂行の好期、すなわち、雌の完熟魚が比較的多数漁獲される。受精操作は親魚の活力の低下を避けるためと、漁場の水温・水質などの環境を考慮して、産卵場に近接した光市牛島漁港で行った。受精方法は乾導法により、収容海水は比重1.023前後の自然海水を使用し、収容海水の水温は産卵場の上・中・底層水温を測定して、これにならって20~22°Cおよび24~26°Cの範囲とした。

実 験 結 果

1. 完熟卵について

完熟に達した卵巣内の卵の水揚げ時の刺戟あるいは腹部を加圧することにより非常に勢で体外に放出される。卵は球形の分離浮性卵で、卵黄は無色透明である。卵径は 1.5~2.2 mm, 多くは 1.6~1.8 mm の範囲で、平均値は 1.68 mm である。卵膜は無構造で比較的厚く、油球は卵黄部の表層に 40~60 粒あって油球叢を形成する。油球径は大小不同で、大きいものは 0.095 mm に達する。これらの油球は発生が進むにつれてしだいに癒合し、数を減ずるが、油球数の多い点では神谷 (1915) の記載による *Congrellus anago* や *Congrellus* sp. と似ている。

2. 発 生 経 過

以下の記載は1957年9月9日、21時に人工受精を行い、収容水温 20~22°C で観察した発生経過で、供試魚の全長は雌 98.2 cm, 雄 69.7 cm である。受精後およそ 10~30 分で卵膜扛挙が起り、卵径は 0.1~0.2 mm 増加し、平均 1.8 mm となる。受精後およそ 1 時間 30 分で胚盤隆起が完成し、間もなく第 1 分裂を開始する。2 時間 30 分で大部分の卵が 2 細胞期に入り、6 時間で 4 細胞期、13 時間後に桑実期に達する (収容水温 24~26°C では 3 時間 30 分で桑実期に達する)。さらに 14 時間後に胞胚期、15 時間後に囊胚期となり、間もなく原口を閉じる。受精後 18 時間後には胚体が形成され、20 時間 40 分で脊索および頭部の分化がみられ、しばらくして筋肉節 4 個が胚体中央部に出現する。この時期の胚体頭部の幅は平均 0.288 mm, 卵径は 1.877 mm, 卵黄径は 1.152 mm を示す。21 時 30 分後には 6 筋肉節となり、眼胞が出現し、32 時間 30 分で眼球が出現、38 時間 40 分で耳胞の形成が認められ、筋肉節は 49 個となり、尾部の末端部は卵黄から分離する。42 時間で筋肉節は 61 個を数え、同時に耳舌が出現し、KUPFFER 氏胞は消える。この時期の卵径は平均 1.934 mm, 卵黄の長径は 1.334 mm, 胚体の幅は 0.152 mm, 眼球径は 0.057 mm, 眼胞径は 0.133 mm を示す。さらに 44 時間で 64 筋肉節、46 時間 30 分で心臓の搏動を開始する。48 時間で筋肉節は 73 個となり、同時に第 4 脳室 (fourth ventricle) が明瞭となり、卵黄嚢はしだいに変形して後部が著しく細長くなる。孵化は 63 時間後に始まり、69 時間でほとんどが完了した。孵化は第 110 図に示したように頭部から行われる。なお、水温 24~26°C では第 197 表に示したように 38 時間で孵化する。

3. 仔 魚 前 期

孵化後 42 時間までの仔魚の形態を第 110 図に示した。孵化直後の仔魚の全長は 3.072~3.436 mm, 平均 3.212 mm, 卵黄は著しく延長し、その長径は平均 2.352 mm となる。油球は第 110 図 K に示したように卵黄前部のものでは直径が 0.195~0.212 mm である。筋肉節は頭部に近い部分および尾部末端がよく分明せず、両部分はいずれも不明瞭である。しかし十分分明したものを数えると、卵黄後端まで 61~64 個、筋全肉節数として 81~83 個が数えられる。これらの仔魚は収容水槽の底層に横臥または卵黄を上にして仰転し、時々瞬間的な微動を起す。孵化後 5 時間で消化管および肛門の位置が明瞭となる。この時期の全長は 3.678~4.440 mm, 肛長 3.360~3.520 mm, 筋肉節数は肛門まで 71~75 個、全筋肉節はおおよそ 81~86 個が分明する。孵化後 10 時間では全長 4.520~4.704 mm, 肛長 3.200~4.160 mm に達し、筋肉節数は肛門まで 74~79 個となり、肛門は後方へ移動し、数え得る全筋肉節数はおおよそ 91~101 個となる。さらに 24 時間を経過すると、全長 5.040~5.184 mm, 平均 5.112 mm, 肛長 3.968~4.512 mm, 筋肉節数はおおよそ 98~122 個が分明する。この時期になると仔魚は時々収容水槽の底層で、垂直的な姿勢で数秒間游泳的な運動を起す。30 時間では全長 5.124~5.325 mm, 肛長 4.311~4.540 mm に成長し、肛門までの筋肉節数は 81~84 個、全筋肉節はおおよそ 107~122 個が数えられる。31 時間 30 分で第 6 筋肉節下に胸鰭原基を生じ、35 時間では口が開き、上顎が分明する。40 時間で全長 5.559 mm, 肛長 4.676 mm, 卵黄の長さ 3.529 mm となり、筋肉節数は肛門まで 84 個、全筋肉節数は 127 個を数え得る。油球は減少して 8 個となり、卵黄は吸収されて前部を除いて管状となり、上顎の先端は尖り、淡褐色の色調が現われる。さらに運動は垂直的から水平的な游泳動作にかわる。孵化後 42 時間 50 分で全部が斃死し、以後の發育を観察することができなかった。この水温でもっとも斃死魚が現われるの

は孵化後24時間から30時間の間である。そして24~26°Cの収容水温では孵化後25時間で全部が斃死し、孵化後10時間から18時間の間がもっとも斃死率が高い。

以上の発生および仔魚の發育経過を一括すると第197表および第198表の通りである。

Table 197. The developing eggs of *Muraenesox cinereus*. A, 24~26°C ; B, 20~22°C. Mean, in parenthesis.

Times		Progress of development	Egg diameter (mm)
Unfertilized egg			1.500~1.967 (1.682)
After fertilization			
A	B		
30'	10'—36'	blastoderm formation	1.748~1.862 (1.815)
40'	1 h. 40'	2 cell stage	
3 h.	13 h.	morula stage	1.824~2.064 (1.968)
6 h.	14 h.	blastula stage	1.920~2.160 (2.045)
10 h.	16 h.	gastrula stage	1.824~2.160 (2.006)
12 h.	18 h.	embryonal formation	1.920~2.064 (2.016)
14 h.	20 h. 35'	4 myotome stage	1.968~2.208 (2.035)
16 h.	25 h.	kupffer's vesicle appear	
		12 myotome stage	
17 h.	29 h.	21 myotome stage	1.920~2.112 (2.006)
		optic vesicle formation	
20 h. 30'	32 h. 30'	eye ball formation	1.728~2.112 (1.929)
23 h. 30'	38 h. 40'	otocyst formation	1.776~2.064 (1.952)
		49 myotome stage	
30 h.	42 h.	61 myotome stage	1.824~2.016 (1.934)
		otolith formation	
30 h. 30'	46 h. 30'	heart move	1.920~2.064 (1.992)
		fourth ventricle appear	1.824~2.112 (2.002)
38 h.	63 h.	hatch	

Table 198. The growth of larvae of *M. cinereus* at water temp. 20~22°C. Mean, in parenthesis.

Times(after hatch)	Progress	Total length(mm)	Anal length(mm)
0—30'		3.072~3.436 (3.212)	
5 h.	alimentary canal formation		
		3.840~4.400 (4.120)	3.360~3.520 (3.440)
10 h.		4.520~4.704 (4.612)	3.200~4.160 (3.680)

456	高井	徹	農水講研報 8 (3)
24 h.		5.040~5.184 (5.112)	3.968~4.512 (4.216)
30 h.	pectoral fin formation upper jaw formation	5.124~5.325 (5.235)	4.311~4.540 (4.440)
40 h.		5.559	4.676

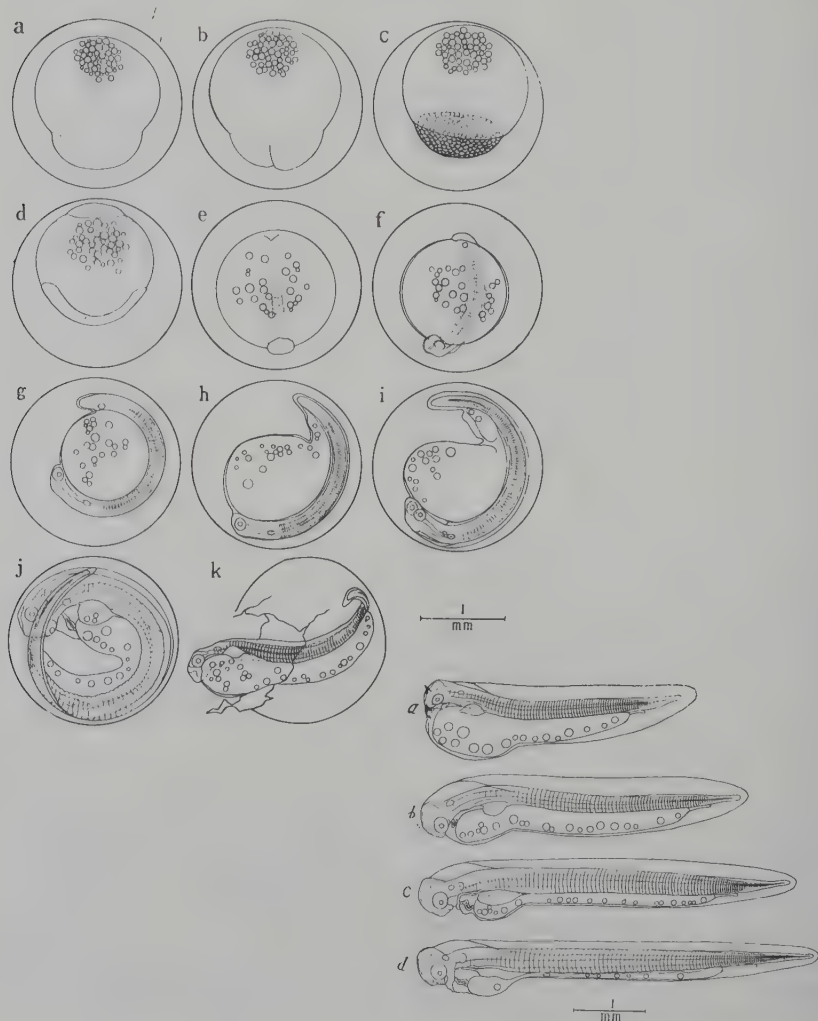


Fig. 110. The development of egg (a~k) and prelarval stage (a~d) of *M. cinereus*.

- a. Blastoderm formation, 10~30 mins. after fertilized.
- b. 2 cell stage, 1 hr. 40 mins.
- c. Morula stage, 13 hrs.
- d. Embryonal formation, 18 hrs.
- e. 4 myotome stage, 20 hrs. 35 mins.
- f. Kupffer's vesicle appear, 12 myotome stage, 25 hrs.
- g. Otocyst formation, 49 myotome stage, 38 hrs. 40 mins.
- h. 61 myotome stage, otolith formation, 46 hrs. 30 mins.
- i. Fourth ventricle appear, 46 hrs. 30 mins.
- j. Immediately before hatching, 62 hrs.
- k. Hatch, 63 hrs.
- a. Larva 5 hrs. after hatched, alimentary canal formation, 4.120 mm. in average total length.
- b. Larva 10 hrs. after hatched, 4.612 mm. in average total length.
- c. Larva 30 hrs. after hatched, pectoral fin and upper jaw formation, 5.235 mm. in average total length.
- d. Larva 40 hrs. after hatched, 5.559 mm. in total length.

第六章 沿岸における仔魚および稚魚の

生息場所とその環境

Chapter VI. Habitat and environment of the larvae and elvers along the coast

まえがき

ウナギ目魚類の仔魚と稚魚の分布および生態に関する業績は、ウナギ科魚類では SCHMIDT (1909, '12), GRASS (1913), MEEK (1916), DELSMAN (1927, '29) EHRENBAUM (1930), 内田 (1935), JESPERSEN (1942), MATSUI (1957) などのくわしい報告がある、他のウナギ目魚類ではこうした研究は少なく、アナゴ科、ハモ科、ウミヘビ科、ウツボ科の或る種についての CUNNINGHAM (1891), EIGENMANN (1901), 前田 (1906), 神谷 (1916), 内田 (1932) などの報告がみられるに過ぎない。

著者は1950年からハモおよびマアナゴの初期生活史に関する一連の研究として周防灘の沿岸水域に生息するこれらの種類の仔魚および稚魚の生息場所とその環境を調査した。

調査の範囲および方法

調査水域は第111図に示したように周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡および光市沿岸である。

水深、底状および海況などの調査には田名臨海実験実習場の観測船を使用した。水温については1953年12月から1954年11月の間、定点(第111図)を毎月15日に観測した。潮流の方向および速度の測定は浮標を用いた。

仔魚および稚魚の採集は1953年12月までは主として11径105 cmの中井式稚魚採集網および手網による干潟採集によったが、1954年以降は、専ら、本調査水域で操業しているイソシ船曳網によった。

実験結果

1. 潮流と仔魚の生息場所

調査水域には多くの島や大小の湾入部があり、潮流はきわめて複雑であるが、漲潮流は視島、牛島周辺および長島、佐合島、馬島の西海岸ではほぼ北上し、さらに伊保木、室積海岸ではほぼ西方にそれぞれおよそ1~2哩の流速で流れ、佐賀湾内では佐合島と長島、佐合島と馬島の潮門を通過後2つに分かれ、1つはそ

のまま北方して佐賀湾を西に流れ、他は東南に向って上関瀬戸を通過する。落潮時はそれぞれの場所においては反対の方向に流れる（第112図）。

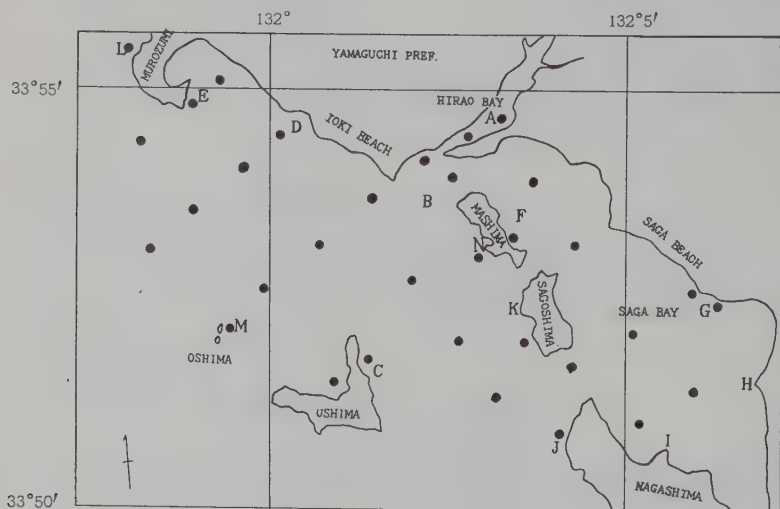


Fig. 111. Showing the regular survey points (dot) and main fishing ground (A—L) of the larvae of *C. myriaster* and *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada.

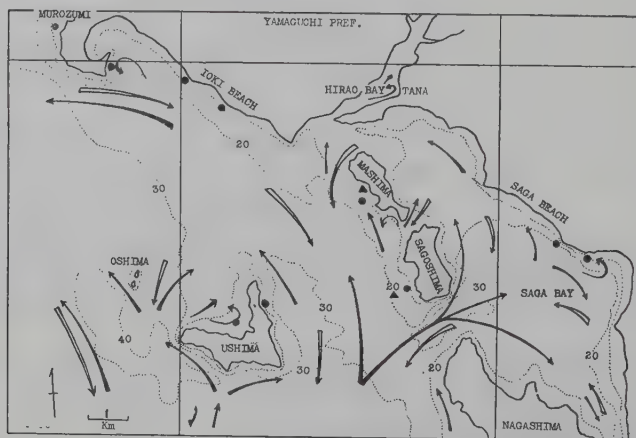


Fig. 112. Condition of the tidal current and main fishing grounds of the larvae of apodal fishes in Suō-nada. Black shaft, flood currents; white shaft, ebb currents; dot, *C. myriaster*; triangle, *M. cinereus*; arabic numerals, depth of waters in m.

そしてこの水域における仔魚の主な生息場所を調査した結果は第112図の通りである。すなわち、仔魚は

すべて流潮時は渦動を形成するような水域あるいは流れのゆるやかな沿岸および島の周辺水域の底層に集中的に群生するが、ひらけた水域、流動の激しい海峡水域および湾奥部ではみられない。

出現体長はハモでは 47~66 mm, マアナゴでは 85~125 mm の伸長期, 125~95 mm の変態期のもので、とりわけ伸長期の後期および変態期に入ったものが主体をなす。これらの仔魚および稚魚は十分な游泳力をもち、受動的な漂流生活によって示される潮流との一次の関係を超え、とくにマアナゴでは変態* に適する好環境を選択して定着的な生活を行っているようである。

2. 生息場の水深および底状について

調査水域における水深および底状の概要を第 113 図に示した。

海岸線は浅く、沖合の島の周辺に 30~40 m 線が迫まる以外は 10~20 m 線がゆるやかに拡がり、浅海水域の特徴をそなえる。底質はごく沿岸および岩礁水域の一部分を除いて広く泥質底で占められている。

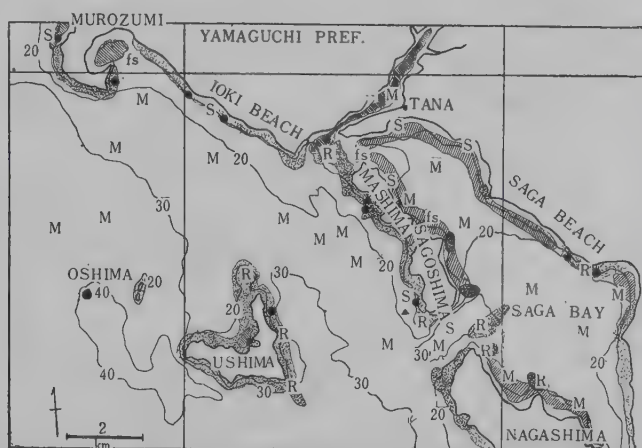


Fig. 113. Showing the bottom conditions and main fishing grounds of the larvae of apodal fishes Suō-nada. Parts of oblique line, *Zostera* zone; parts of small points, *Sargassum*; dot, *C. myriaster*; black triangle, *M. cinereus*. M, mud; R, rock; S, sand.

岩礁地帯および礫地帯にはホンダワラを主体とする褐藻群落が形成され、内流の細砂底の一部および泥質底にはアマモが繁茂し、藻場を形成している (第 113 図)。

ところで、仔魚および稚魚が群集する水域はほぼ決っており、第 113 図の E, D, G のような水深 10~20 m の岩礁水域および砂礫底水域で、とくにホンダワラの繁茂する場所に多く生息している。この傾向は時期的には 3 月中旬から 5 月中旬の間が著しい。平生湾の湾口水域は春と秋にカタクチイワシの好漁場となるが、マアナゴの仔魚の漁獲は全くない。したがって変態期を脱するのは主として上述のような沿岸の特定水域であると思われる。

3. 生息場の水温について

第 114 図はマアナゴの仔魚のもっとも多量に漁獲される時期 (12 月初旬~5 月初旬) の月別水温分布を示した。月別の水温分布と漁場の位置の関係をみると、12 月および 1 月の水温分布は表層 11.0 °C の等温線ははるか沖合にあって、平生湾の奥部および佐賀湾では 10.0 °C 以下の等温線が形成される。そしてこの期間

* SCHMIDT (1919) は *Anguilla anguilla* の仔魚の変態の発現は鹹度の低下によって刺激されるもので、陸岸への近接は發育段階における生理的要求と考えた。

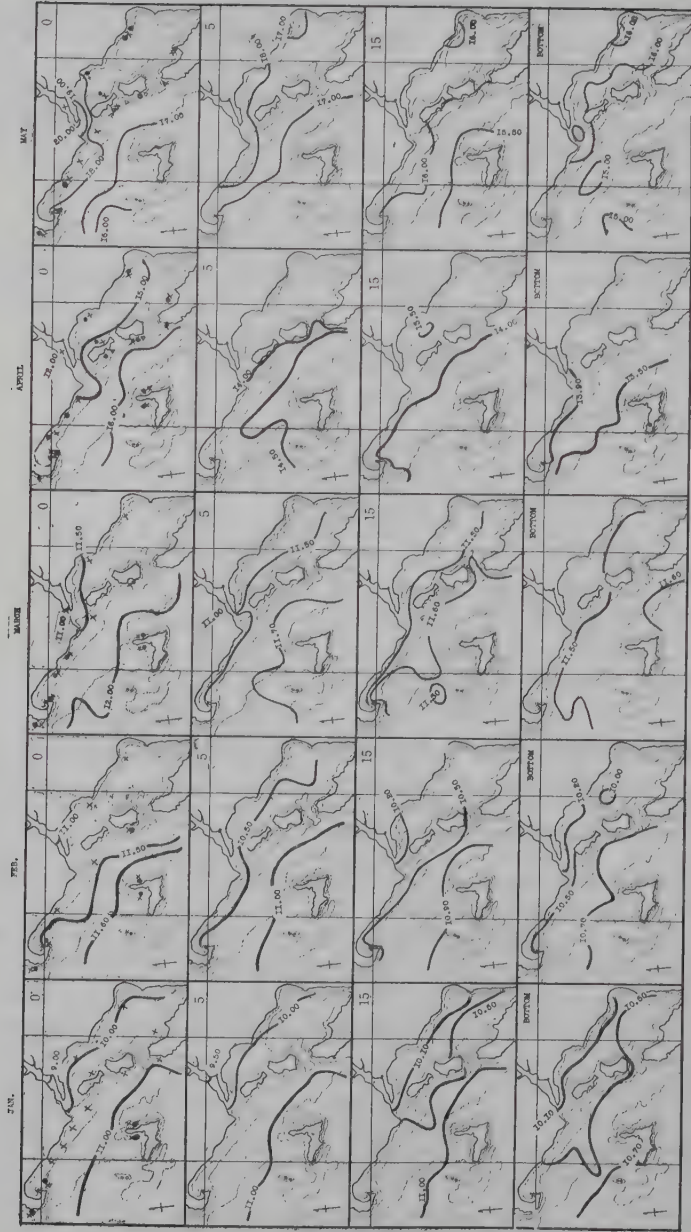


Fig. 114. Monthly variation of the water temperature ($^{\circ}\text{C}$) and main fishing grounds of the larvae of *C. myriaster* (dot) and *Engraulis japonica* (cross) in the central waters of Suo-nada, from Jan. to May 1954.

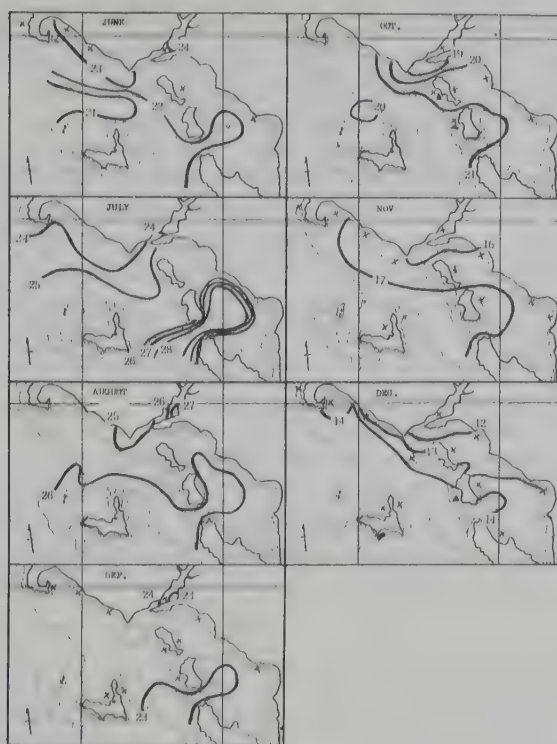


Fig. 115. Monthly change of the surface water temperature ($^{\circ}\text{C}$) and main fishing grounds of the larvae of *M. cinereus* (black triangle) and *Engraulis japonica* (cross) in the central waters of Suō-nada, from June to Dec. 1954.

のメアリの仔魚の生息場は 11°C の等温線より高い水域にあり、主漁場はE, M, C, などの水域（第111図）で、佐賀湾沿岸およびこれに面する馬島、佐賀島の沿岸などの低水域では漁獲が全くない。2月においてもほぼ1月と同様で、外洋水の影響の強い水温 10.5°C 以上の水域に多く出現している。3月中旬に入ると水温分布は以前と異り、全般的にやや上昇し、佐賀湾および平生湾口も 11.0°C 以上となり、平生湾を除く各所で多量に漁獲されるようになる。4月初旬から伊保本海岸、佐賀および佐賀湾に面する長島海岸では水温はいずれも $11.0\sim 14.5^{\circ}\text{C}$ となり、カタクリイワシとともに多数漁獲される。4月中旬に入ると、水温はさらに上昇し、半島沿岸ではおよそ 16.0°C 、佐賀湾では 15.0°C 、平生湾は 12°C 前後にそれぞれ変化し、変態期に成長した稚魚が仲夏期の仔魚に混入してG, DおよびEなどの水域（第111図）で漁獲される。しかし5月中旬になると湾奥部まで水温は著しく高くなるが、仔魚の漁獲は少なくなる。変態完了の盛期は1953, 1954および1955年は4月下旬から5月上旬と判断され、その頃の水温は $14\sim 16^{\circ}\text{C}$ を示した。1956年では水温上昇が例年よりやや遅れたため、盛期は5月上旬から6月中旬におよんだ。ハヤの仔魚の出現は10月と12月の2回で、前者の漁獲水温は 21.2°C 、後者は 14.5°C である。

以上のようメアリでは仔魚および稚魚の生息水温の限界は 10°C 前後で、これ以下の環境のとくろには入って来ないように思われる。

4. 仔魚の主漁場に出現する魚類について

本調査水域は周防灘水域におけるカタクチイワシの主要産地で、その仔魚および未成魚は主として春と秋に多量に漁獲される。漁場は各漁期を通じてごく沿岸、島や岩礁周辺の水域およびやや沖合水域まで広がる(第116図)。そして秋に孵出した仔魚群および春に孵出した未成魚群の漁獲はおよそ9月頃から翌年5月頃までつづき、その漁場はマアナゴの仔魚および稚魚のそれとよく一致している。

すなわちマアナゴの仔魚が沿岸に多く現われるのは10月下旬から5月中旬(遅い年は6月中旬まで)の期間で、その盛期は1月初旬から5月初旬、それ以後の6月から9月の間はごく稀れに漁獲される程度になる。したがって、秋に来遊した伸長期のマアナゴ仔魚群と、秋に孵出し発育したカタクチイワシ仔魚群とは互にtolerationの関係にあって、互に侵し合うことなく発育していると考えられる。しかし、マアナゴの仔魚は変態期に成長するとしだいに捕食を停止し、底層への降下潜性が見われ、底生魚類としての生活をおむようになるが、カタクチイワシ群は以前と同じように浅海の中層性魚類としておよそ中層あるいは表層で生活し、両者の生活圏は離れてしまう。こうした状態は、例えばG漁場(第111図)では春(4月から5月頃)同一場所でマアナゴの変態期の仔魚(半仔魚期)を主体とする群が常に漁獲されるが、カタクチイワシ群の漁獲には著しい変動があり、皆無のばあいもしばしばある。このことはほぼ同一環境の水域において両者が異った空間を占めることおよび游泳状態の相違を示すものである。

このような関係は一時的であるが、イカナゴの魚群の間にも認められる。すなわち、イカナゴ漁場は毎年4月から5月の間に、第116図に示すK、D、E、CおよびJの各水域に形成されるが、その間マアナゴ仔魚は、常に漁獲されるのに対してイカナゴ群の漁獲変動ははげしく、皆無のばあいがしばしばある。

さらに11月から5月の間に、マアナゴ仔魚の主漁場で漁獲(イワシ船曳網)される主な魚類をあげると第109表である。これらはほとんど未成魚である。そしてこれらの魚と仔魚との関係は全くわからない。

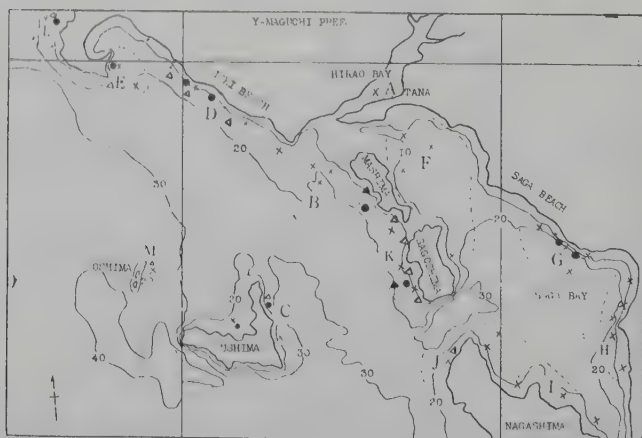


Fig. 116. Showing the main fishing grounds (A—L) of the larvae of *C. myriaster* (dot) and *M. cinereus* (black triangle), *Engraulis japonica* (cross) and *Ammodytes personatus* (white triangle) in the central waters of Suō-nada. Arabic numerals, depth of water in m.

Table 199. Showing the specific composition of fishes caught by the anchovy drag-net in main fishing grounds of the larvae of *C. myriaster* and *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada from Jan. to June 1954.

Species	Japanese name	Growth stage		
		Larva and young	Immature	Adult
<i>Engraulis japonica</i>	Katakuchiiwashi	CC	CC	
<i>Saurida tumbil</i>	Maeso	C	C	
<i>Hemiramphus sajori</i>	Sayori		+	
<i>Sphyraena pinguis</i>	Akakamasu			I
<i>Mugil cephalus</i>	Bora		I	II
<i>Polydactylus plebejus</i>	Tsubamekonoshiro			
<i>Scomber japonicus</i>	Masaba		I	
<i>Trichiurus lepturus</i>	Tachiuo		+	
<i>Trachurus japonicus</i>	Maaji		I	
<i>Leiognathus nuchalis</i>	Hiiragi		I	
<i>Acanthocephala krusensterni</i>	Akatachi		I	
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Suzuki		I	
<i>Sillago sihama</i>	Kisu		+	I
<i>Chrysophrys major</i>	Madaï		+	
<i>Mylio macrocephalus</i>	Kurodai		+	
<i>Siganus fuscescens</i>	Aigo			I
<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Kawahagi		+	I
<i>Rudarius ercodes</i>	Amimehagi		+	
<i>Fugu niphobles</i>	Kusafugu		+	I
<i>Sebastes inermis</i>	Mebaru		+	I
<i>Sebastiscus marmoratus</i>	Kasago		I	I
<i>Inimicus japonicus</i>	Oniokoze		C	
<i>Hypodytes rubripinnis</i>	Heokoze		+	I
<i>Hexagrammos otakii</i>	Ainame		+	I
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	Asahianahaze		+	I
<i>Suggrundus meerdervoorti</i>	Megochi		I	I
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	Mahaze		I	I
<i>Callionymus lunatus</i>	Numerigochi		+	
<i>Ammodytes personatus</i>	Ikanago		C	C
<i>Enedrias nebulosus</i>	Ginpo		+	
<i>Ctenotrypauchen</i>	Akayu		I	
<i>Pleuronichthys cornutus</i>	Meitagarei			I
<i>Halichoeres poecilopterus</i>	Kyusen		+	+
<i>Konosirus punctatus</i>	Konoshiro		+	
<i>Parapristipoma trilineatum</i>	Isaki		I	
<i>Plectorhynchus cinctus</i>	Koshōdai		I	
<i>Neopercis sexfasciata</i>	Kurekakegisu		+	+
<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>	Ganzobirame		+	

5. 生息場における浮游性生物の組成

1955年12月から1956年2月の間、マアナゴの仔魚がもっとも多く出現したE漁場における浮游性生物の組成を第200表に示した。すなわち、*Chaetoceros borealis*, *C. lorenzianus*, *Skeletonema costatum*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Biddulphia sinensis*, *Thalassionema nitzschioides*, *Rhizosolenia alata*, *Coscinodiscus gigas* などの浮游硅藻類および *Noctiluca scintillans*, *Ceratium brevis* などの鞭藻類が多く、これに次いで Copepoda の幼体および *Sagitta bipunctata* が多く出現した。しかし、この期間に採集したマアナゴ仔魚とこれらの浮游性生物との関係はわからない。すなわち調査範囲の仔魚の消化管はすべて空虚（第三章、食性）で、捕食餌料がはっきりしない。またこの時期の仔魚はすでに伸長期の後期に成長したものが主体を占め、それらは捕食を止め、餌料生物との関係は薄くなっているようである。

Table 200. Composition of the plankton in the fishing ground, (E), of the larvae of *C. myriaster* in the central waters of Suō-nada in winter, 1955. E, see Fig. III.

Phyto-plankton	Condition of appearance	Zoo-plankton	Condition of appearance
<i>Coscinodiscus gigas</i>	C	Protozoa	
<i>Coscinodiscus radiatus</i>	I	<i>Noctiluca scintillans</i>	I
<i>Coscinodiscus marginatus</i>	I	<i>Tintinnopsis cylindrica</i>	I I
<i>Chaetoceros coarctatus</i>	I	<i>Ceratium brevis</i>	I
<i>Chaetoceros affines</i>	I	<i>Ceratium fusus</i>	I I
<i>Chaetoceros densus</i>	I I	<i>Acanthometron pellucidum</i>	I
<i>Chaetoceros borealis</i>	+	<i>Chaetognatha</i>	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	+	<i>Sagitta bipunctata</i>	I
<i>Chaetoceros curvisetus</i>	I	Copepoda	
<i>Chaetoceros subsecundus</i>	I	<i>Oithona similis</i>	I
<i>Chaetoceros decipiens</i>	I I	<i>Microsetella rosea</i>	I I
<i>Chaetoceros setoensis</i>	I	<i>Paracalanus parvus</i>	I I
<i>Skeletonema costatum</i>	C	<i>Corycaeus</i> sp.	I I
<i>Stephanopyxis palmeriana</i>	C	Copepoda nauplii	
<i>Stephanopyxis nipponica</i>	I	Phyllopoda	
<i>Lauderia borealis</i>	I	<i>Podon schmackeri</i>	I
<i>Bacteriastrum varians</i>	I I	<i>Penilia</i> sp.	I
<i>Ditylum sol</i>	I	Copepoda and Others	
<i>Biddulphia gibbosum</i>	I	<i>Oikopleura longicauda</i>	+
<i>Biddulphia sinensis</i>	+	Polychaeta larva	I I
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	C	Fish larvae and eggs	I
<i>Thalassiothrix frauenfeldii</i>	I		
<i>Thalassiothrix longissima</i>	I		
<i>Thalassiosira rotula</i>	I		
<i>Rhizosolenia styliiformis</i>	+		
<i>Rhizosolenia alata</i>	+		
<i>Rhizosolenia calcaravis</i>	I		
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	I		
<i>Bacillaria paradoxa</i>	+		
<i>Hemiaules hauckii</i>	I		
<i>Nitzschia seriata</i>	+		

<i>Melosira borreii</i>	Ⅰ Ⅰ	
<i>Leptocylindrus danicus</i>	Ⅰ	
<i>Pleurosigma intermedium</i>	Ⅰ Ⅰ	
<i>Licmophora abbreviata</i>	Ⅰ Ⅰ	
<i>Navicula cancellata</i>	Ⅰ Ⅰ	
<i>Navicula pandula</i>	Ⅰ Ⅰ	

8. 仔魚の漁獲量

松井 (1952) はウナギのシラス期稚魚の溯河量に関する量的指示法として、定置式採集器を考案し、単位時間に入網する数量および開口部を通過する魚体数をもって表わした。マナゴではこうした方法や定置式採集網は適切でない。そこで、イワシ船電網によって漁獲される量を5階級 (第201表) に類別し、1956年1月から6月まで、主漁場における漁獲量を比較した結果を第202表に示した。

Table 201. Showing the five ranks of the catch of larvae of *C. myriaster*.

Marks Items	Ⅰ Ⅰ	Ⅰ	+	C	CC
Number of catch	about 1 ~ 5	about 5 ~ 10	about 10 ~ 100	about 100 ~ 1000	about 1000 <
Annotation	very rare	rare	common	abundant	very abundant

Table 202. Monthly variation of the catch of larvae of *C. myriaster* by the anchovy drag-net in the central waters of Suō-nada, from Jan. to June, 1956. Fishing grounds (A~L) are shown in Fig. 111. Results of listening research are put in parenthesis.

Fishing ground		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	A	B
Month	Decade												
Jan. 1956	First												
	Second	(C)	C	C						-	(C)	-	-
	Last	(C)	+	C						-	(C)	-	-
Feb.	First		Ⅰ	+						+		-	-
	Second		+	+	-	-				+		-	-
	Last		+	+	-	-	-	-	+	+		-	-
Mar.	First		+		-	-	-	-		+		-	-
	Second		+		Ⅰ	+	-	-		C		-	-
	Last	C	+	C	+	+	-	-	+	C	+	-	-
Apr.	First	C	C	C	-	+	+	Ⅰ	+		C	-	-
	Second	-	C	C	-	C	+	+	(C)	C		Ⅰ Ⅰ	-
	Last		-		Ⅰ	C	Ⅰ	+	+	C		-	-
May	First	C	C	C	Ⅰ	C	-			-		-	-
	Second		C	C	-	-	-			-		-	-
	Last		Ⅰ	Ⅰ	-	-	C			-		-	-

	First		—	—				—		—	—
Jan.	Second		—	—						—	—
	Last		—	—							

すなわち漁場別にみるとC, D, E, K, LおよびGの各漁場での出現量が高く、主要な漁場であることを認め得る。ことにC漁場, E漁場およびL漁場は1月から5月まで安定した漁場である。また, D漁場は4月上旬から5月, GおよびK漁場は5月から6月初旬, つまり変態時期の生息場としての特徴が認められる。A漁場はカタクチイワシの好漁場であるが, マアナゴ仔魚の出現はごく稀れである。

要約ならびに考察

ヨーロッパ産ウナギの仔魚は海流によって大陸棚水域に達し、仔魚期を脱し、さらに浅海に近づく沿岸水帯を横切って溯河することが SCHMIDT (1912)、その他多くの学者によって明らかにされ、また大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* の仔魚はごく沿岸に到達するまで漂流状態を維持し、ヨーロッパ産ウナギのそれよりもさらに沿岸に接近して変態を完了することが CUNNINGHAM (1891) によって報告されている。邦産マアナゴの産卵場は後述(第七章、産卵場に関する研究)するように、沿岸に深海が接近した黒潮主流あるいは交流水域にあると推察され、厩防灘に出現する仔魚もウナギ類と同じように伸長期の初期および中期は海流によって近海まで運ばれ、その間十分に游泳力を増し、この水域に達するものと考えられる。しかし、ハモの仔魚は産卵場がこの水域に存在するので孵出した仔魚は潮流に左右されながら浮遊生活をを行い、成長するものと考えられる。したがって10月および12月に馬島沿岸に出現した仔魚は、祝島沖の産卵水域でおそらく3月から9月に産卵され、孵出したものが潮流によってこの水域に達したのと考えられる。しかし、この水域ではハモの仔魚の出現率はマアナゴのそれに比して著しく小さいため、仔魚の分布や変態場所などは全くわからない。

10月下旬から翌年5月中旬頃まで、黒潮あるいは暖流水系を離れたごく沿岸水域に出現するマアナゴの大部分はすでに伸長期の後期あるいは変態期に成長しており、潮流による受動的な漂流生活を脱し、捕食を止め、流れのゆるやかな水域あるいは渦動水域に集合して生活している。すなわちこれらの仔魚は水深・底状に一次的な関連性があり、調査水域では水深10~20 mの岩礁周辺水域、砂礫底水域および泥底水域で、とくに前2者ではホンダワラを主体とする褐藻群落の形成された場所、後者ではアマモの繁殖した藻場水域に多く生息しているようである。これらは室内での飼育観察で認められたように、常時静止した状態で上述の植物群落あるいは岩礁・砂礫の間隙などに潜み、変態を完了するものと考えられる。

内田(1931)は、変態期に入って底層への降下を始め、体長93 mm前後になると白いひも状になり、泥中に潜み、完全に底生となり、鎮海附近では7月頃多数変態後のものが干潟の表面に現われることを報告している。平生湾ではマアナゴの仔魚はきわめて少ないが、6月から7月になると初期の未成魚が著しく多くなり、エビ・サザナギの漁獲物にまじって、また干潟の潮溜りでみられるようになる。したがってこの水域では変態は前記のような場所で行われ、浅い水域での潜居生活はその後になるものと推察される。

日本産ウナギのシラス期稚魚も、昼間砂中に潜入していることが清石(1939)によって報告されているが、それ以前のものについての生息状態ははっきりしていないようである。

仔魚の環境水温についてみるに、マアナゴの仔魚はウナギと同じように海流によって沿岸に運ばれ、したがって伸長期の初期はおそらく高温環境で過ごすと考えられる。日本産ウナギの仔魚の環境水温をみるに内田(1935)の報告では1934年5月に22.75°Cの水温で採集され、また MATSUI (1957) は1956年6月25日に北緯23°15′, 東経142°40′, 水深4,000 mの150 m以浅で体長55.7 mmの仔魚を採集した際の水温が20.6~29.4°Cであったことを報告している。

ハモでは、産卵がごく沿岸で行われ、ことに厩防灘では黒潮との直接関係が考えられないが、産卵期は夏

で、やはり比較的暖かい時期に伸長期を終るようである。

マアナゴの仔魚の接岸時期はウナギの仔魚のそれとかなりよく一致しているようである。さらにマアナゴの仔魚の浅底への移行時期とその期間はウナギの溯河時期(松井, 1952)と相似する。これらは接岸までの生活史の類似性によるものと考えられるが、この時期の仔魚や稚魚の水温に対する抵抗性、すなわち環境水温によって同様の習性が見られると考える。秋から冬にかけて来遊したマアナゴの仔魚は 10°C 以上の沿岸水域で生息し、それ以下の場所ではみられない。また 6°C の水温に長時間おくと死亡する(養成篇, 第一章, 仔魚と稚魚の養成)。ウナギの稚魚も $6.7\sim 10.0^{\circ}\text{C}$ 以上で活動や泳上が行われ(松井, 1952)、それ以下では動かなくなり凍死する(清石, 1939, 山本, 1938)ことが明らかにされており、ウナギとマアナゴの低水温に対する限界点はかなり近似している。

沿岸における仔魚の生息場に見られる魚類は多種におよぶが、これらの魚類との相互関係はよくわからない。室内実験(養成篇, 第一章, 仔魚および稚魚の養成)によると、マアナゴ・メバル・スズキ・コノシロなどは全くこれを捕食しない。また生息場の浮游性生物とは、すでに仔魚が伸長期の後期あるいは変態期に入ってから摂食を中止しているため、捕食関係は認められない。すなわち SCHMIDT (1912) はウナギでは最大体長に達するまで捕食するがそれ以後捕食しないことを認めたが、マアナゴも同様の現象がみられる。

摘 要

1. 周防灘中部水域に属する山口県熊毛郡および光市沿岸におけるマアナゴの仔魚・稚魚の生息場所とその環境、およびそれらの漁獲量に関する調査を行った。
2. 伸長期の中期・後期の仔魚はすでに潮流に対する受動的な浮游生活を脱し、沿岸の湾入部や島の周辺に形成された渦動水域や流れのゆるやかな場所に集合して生活する。
3. マアナゴの伸長期の後期および変態期の仔魚はすでに底層に降下し、底生魚類としての習性が見られ、沿岸の砂礫底や岩礁周辺の褐藻群落あるいはアミ類の繁殖する藻場水域で定着的な群集生活をなし、底状と密接な関係をもつようになる。
4. マアナゴの伸長期の後期の仔魚は冬の期間沿岸で生活するが、 10°C 以下の低水温水域では生息していないようである。
5. マアナゴの変態完了期はおよそ4月下旬から5月上旬で、この時期の水温は $14\sim 16^{\circ}\text{C}$ である。
6. 仔魚および稚魚の生息場所と秋に孵出したカタクエイロ群の好漁場はかなりよく一致する。またイカナゴが同時に多量混獲されるばあいがある。
7. マアナゴ仔魚の主漁場に出現する他の魚類は40種以上におよぶが、それらはほとんど未成魚である。これらの魚とマアナゴ仔魚との相互関係は明らかでない。
8. 冬、マアナゴ仔魚が群生する水域は硅藻類、橈脚類、帯鞭類などの浮游性生物が繁殖している。しかしこれらに対する捕食関係はないようである。
9. マアナゴの稚魚は変態完了後に海底に移るが、その時期はウナギの泳上期とよく一致している。
10. マアナゴの仔魚の主要漁場での漁獲は1月から5月まで比較的安定している。

第七章 産 卵 場 Chapter VII. Spawning ground

ま え が き

ウナギ科魚類においては大西洋産、印度洋産および南太平洋産の種類の産卵場は SCHMIDT (1906~1935) と JEPSEN (1942) により、また日本産ウナギの産卵場に関しては SCHMIDT (1933)、中井と松井 (1938)、大島 (1941)、松井 (1952)、MATSUI (1957) らの業績がある。しかし、ハコ科やアミ科

などの重要な魚種についてのこうした業績は SCHMIDT (1911, '12) の大西洋産アナゴの研究を除いては、きわめてわずかの断片的報告のみみられるに過ぎない。

日本産ハモ科魚類では、ハモについて笠原 (1948)、西海区水産研究所 (1953, '55) 大滝ら (1954)、多々良 (1952) らの業績があるが、産卵場に関する詳細な報告は行なわれていない。マアナゴに関するこの種の研究は全く行なわれていない。

著者は1950年6月以来、山口県熊毛郡平生町所在の田名臨海実験実習場であって、その周辺漁港におけるハモおよびマアナゴの漁獲状態を観察し、前者はほぼ8月から9月が産卵期であるように考えられること、および完熟魚の漁獲位置がごく近距離である事実から、産卵場が周防灘中部水域にあること、後者では10月から3月頃まで大型のもの、しかも生殖腺のかなり発達したものが島の周辺水域で漁獲されることなどに注目し、主として乗船調査によってそれぞれの産卵場調査を実施した。そして現在ではハモについてはほぼ初期の目的を達したが、マアナゴでは調査の指標となる半熟および成熟魚の漁獲が少なく、完熟魚にいたっては全く得られず、また産出された卵、初期仔魚に関する知見および既往の業績は全くなく、期待した成果を得ていないので、考察的な概要を報告することに止まる。

実 験 方 法

陸上調査として、山口県熊毛郡の各漁港(佐賀、麻里府、牛島、室積、上関)を根拠として周防灘中部水域に出漁する延縄漁船、小型底曳網およびハモ・吾智網漁船を対象として、成熟・完熟魚の抽出につとめ、かつ操業位置および漁獲位置について調査した。船上では水温、潮流、深度、底状および底生生物をしらべ、さらに成・完熟魚の採集と測定を行った。なお、9月1日から20日までは禁漁期(山口県小型底曳網漁業調整規則)が制定されているので1953年から1958年の間は特別採捕許可を申請し、牛島漁業協同組合に属する小型底曳船(第一種手操漁業)2隻を毎年調査船として使用し、調査を続行した。また水温と塩分は船上観測の他に山口県内海水産試験の行った調査結果を引用した。

実 験 結 果

A. ハ モ

1. 漁場の季節的変遷

周防灘におけるハモの漁獲は、小型底曳網はほとんど周年にわたるが、11月上旬から4月下旬の冬と春の期間では量的にきわめて少ない。しかし5月になると漁獲は激増し、さらに6月、7月と増加し、8月および9月は盛期となる。そして10月に入ると漁獲は急に減少して終漁期となる。要するに5月中旬から6月の梅雨期の前後の季節が周防灘における始漁期であって、この期間は第117図に示すようにハモはスズハモ*と同じようにきめて沿岸の浅い水域に出現し、主として延縄によって漁獲される。この始漁期の漁場は20~30 mの泥質区域で、同時期にはそれより沖合ではほとんど漁獲がない。6月20日前後からごく沿岸での漁獲がしだいに減少し、主漁場はやや沖合に移動する。しかし全漁期を通じて、島や岩礁周辺の比較的深い水深の泥質区域では長期にわたり漁獲がある。7月中旬から終漁期まで主漁場は沖合水域となり、第117図で示すようにIII区に形成される。この時期が盛期で、そのうち8月中旬から9月初旬が最盛期の様相を示す。9月中旬以後はしだいに漁獲は減り、10月に入るとさらに減少し、下旬にはほとんど漁獲はなくなる。このように始漁期から盛漁期および終漁期に至る漁場の変遷は年により多少の変動があるが、毎年ほとんど同じような傾向がみられる。

2. 完熟および放卵後の魚体の出現位置

1953年から1957年の5カ年間の産卵期に、山口県熊毛郡田布施町麻里府漁港に入港する小型底曳網漁船および延縄漁船を対象とした陸上調査の結果では沖合漁場、すなわち第III区(第117図)において完熟およ

* スズハモの産卵場はI・II地区(第117図)のようで、水深20~30 mの浅所、かつ産卵期はやや早く、7月中旬から8月中旬が盛期のものである。

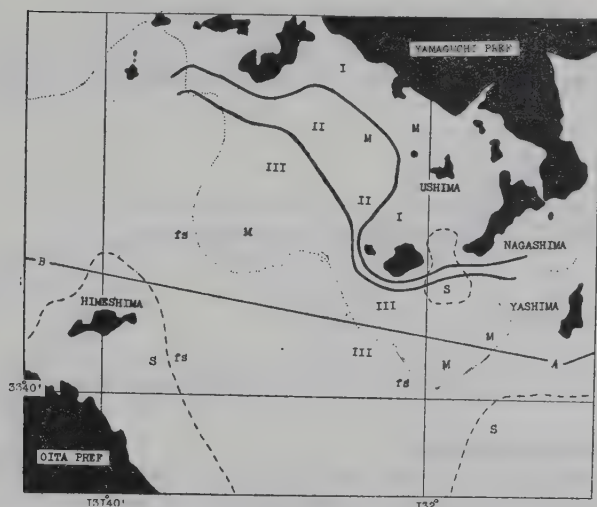


Fig. 117. Outline of the seasonal change of main fishing grounds of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada during the season from May to Oct., I, Until middle decade of June; II, until middle decade of July; III, from July to Sept. A—B, line of route beacon in the Inland Sea. fs, Fine sand; M, mud; S, sand.

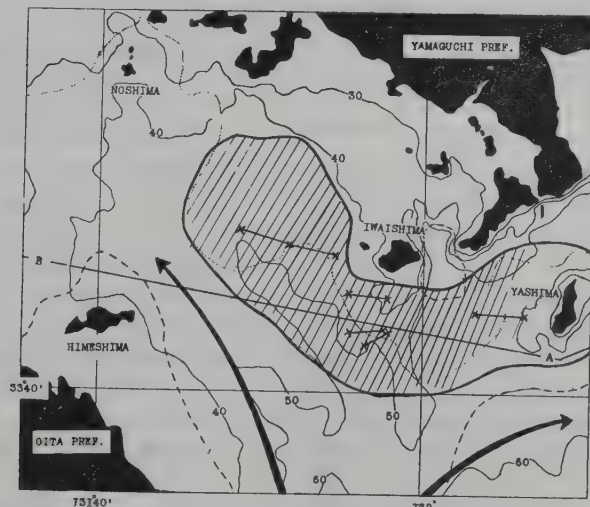


Fig. 118. Showing the outline of main spawning ground (oblique area) of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada. x—x, catch place of full matured female and fish of ovulation. Arrow represents the two main flow currents. Arabic numerals show depth of water in m.

び放卵後の魚体が出現しており、沿岸の浅底水域での漁獲物中にはこうした魚体が1尾も得られていない。また1956年および1957年の9月1日から20日までの船上調査においてもこのような魚体の出現したのは第

III区(第117図)のみであった。

以上の乗船調査および陸上調査によって得た完熟および放卵後の魚体の出現位置にもとづいて、主産卵場の範囲を推定すると第118図の斜線の水域である。そしてこの漁場の断面をみると第119図の通りである。

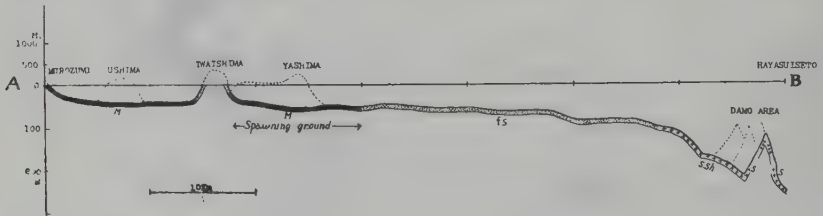


Fig. 119. Vertical section of the spawning ground of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada. A~B, longitude E 132°. M, mud; fs, fine sand; s, sand; s.s, sand with shell.

3. 広頭型の出現率および漁獲位置

毎年産卵期には広頭型の群がしばしば多量に漁獲される。この広頭型の群の出現は前に述べたように（形態篇、第三章、生殖時期における形態変異）、産卵期の特徴であって始漁期にはみられない。そして産卵期が過ぎると広頭型は全く漁獲されなくなる。この広頭型の群の出現率および漁獲位置について1955年に調査した結果が第203表および第119図である。

Table 203. The fishing rate of so-called broad-nosed type of *M. cinereus* in the spawning season of Suō-nada. BR, sharp-nosed type; SC, broad-nosed type. For fishing grounds, see Figs. 117 and 118. For research in market, parenthesized. F, long-line fishing; U, miniature trawl fishing.

Date	Items	Fishing method	Specimen number	BR : SC	%	Fishing ground
July	6, 1955.	F	1827	(50 : 1)		Ⅲ
"	" 9, "	"	1828	72 : 14	16.28	"
"	" "	"	1829			"
"	" "	"	1830			"
"	28, "	"	1857	(50 : 1)		"
Aug.	1, "	U	1860	(50 : 1)		"
"	3, "	"	1862	(50 : 1)		"
"	6, "	"	1863	121 : 8	6.20	"
"	" "	"	1861			"
"	7, "	"	1865	49 : 32	39.51	"
"	" "	"	1866			"
"	" "	"	1867			"
"	" "	"	1868			"
"	" "	"	1869			"
"	11, "	"	1875	100 : 27	21.26	"
"	" "	"	1876			"
"	" "	"	1877			"
"	24, "	"	1881	30 : 6	16.67	"
"	29, "	"	1898	76 : 8	9.52	"
"	" "	"	1899	(50 : 1)		"
Sept.	2, "	"	1912	60 : 12	16.67	"
"	" "	"	1913			"
"	5, "	"	1914	(50 : 2)		"
"	6, "	"	1925	(50 : 1)		"

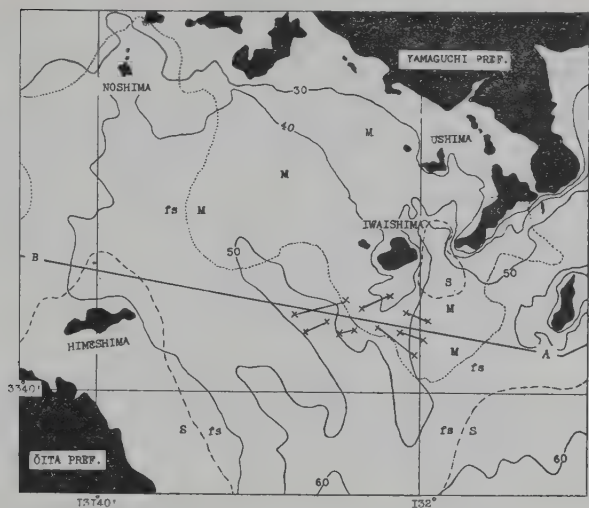


Fig. 120. Captured place (×-×) of so-called broad-nosed type of *M. cinereus* in the spawning season. A-B, line of route beacon in the Inland Sea. Abbreviation, see Figs. 117 and 118.

すなわち7月初旬から出現し、8月中旬から9月初旬にもっとも高率に出現した。主な漁獲位置は祝島南方の水深40～55 mのところである。しかし9月中旬にはほとんど漁獲されなくなる。そしてこの広頭型の群と小型の狭頭型の群はそれぞれ別の群性を示すことが認められた。ことに小型の狭頭型の群は著しい群性を示し、しばしば多量の漁獲をみることがあるが、広頭型の群ではこうした状態は少なく、また濃厚な小型の狭頭群にまじって漁獲されることはない。

4. 産卵場の水深および潮流について

漁獲水深からみたハモの産卵場の水深は、35～60 mであって、とりわけ40～50 mのところでは成熟・完熟・放卵後の魚体が多量に漁獲される。したがって、産卵場の水深はほぼ40～50 mの水域であると考えられる。この結果は、著者が1948年および1949年に東支那海の南部沿岸水域において観察した結果とよく相似し、またスズハモよりも深所に産卵場がある。

そしてこの水域は豊後水道から瀬戸内海に流入する2つの主流（その1つは大分県沿岸に沿って北上し姫島北部水域を通過して西に向い、西部周防灘に流れる。他の1つは愛媛県の北岸に沿って北上し、備後灘の方に流れる）に挟まれるデルタ状の水域で、外洋水の影響を強く受け、かつ流れはきわめて複雑である。産卵場の中心漁場における漲潮時の初潮は八島方向、すなわち東方から西方に向かって通常3～4 哩の速度で流れ、しだいに南に偏し満潮時は南方から祝島の方向に向い、落潮時の初潮は西方から東方に流れ、しだいに北に偏し、最干潮時には北から豊後水道に向かって流れる。流速は大潮時には4～5 哩の速度の急潮が生ずる水域である。

5. 水温と塩素量について

山口県内海水産試験場（1954）の観測結果から、産卵場の範囲内およびこれに近接した水域の観測点の測定値を摘出して、産卵期およびその前後の水温分布についてみると第204表となり、産卵期の底水温はおよそ19.0～25.0℃の範囲内にあることがわかる。

著者が1955年8月10日、祝島沖の産卵水域で観測した結果は底層（水深42 m）22.8～23.2℃、中層21.9～23.7℃、表層23.2～26.5℃である。以上の周防灘における産卵場の水温と、著者が1948年4月から6月

Table 204. Monthly variation of vertical distribution of water temperature (°C) in the central waters of Suō-nada. (after Yamaguchi Naikai Fisheries Exp. Station, 1954). Note: 5, N33°41' 10" —E 132°8' 30"; 6, N33°45' —E131°50'; 7, N33°53' —E131°44'; 8, N33°50' —E131°57'; 9, N33°38' 12"—E131°55'; 22, N33°45' —E131°51'.

Depth of water (m)		0	5	10	25	50	Notes
Month	Situation						
July	5	17.8	16.7	16.4	25.7	15.4	Early fishing season
	6	18.8	17.8	16.9	16.4	15.1	
	7	18.0	17.7	17.0	16.2	17.4	
	8	20.8	17.0	16.2	15.6	15.9	
	9	18.0	16.7	16.5	16.2	15.9	
Sept.	5	23.8	23.4	23.3	23.2	22.8	Spawning season (Full fishing season)
	6	25.6	24.8	23.8	22.5	24.3	
	7	25.4	25.1	23.6	23.2	21.9	
	8	25.9	24.1	23.6	23.5	22.7	
	9	25.0	24.4	23.6	23.3	22.9	
	22	25.4	24.4	24.4	23.6	22.4	
Dec.	5	19.3	19.3	19.1	19.3	19.3	
	6	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	
	7	18.4	18.4	18.4	18.4	18.4	
	8	18.9	18.8	18.7	18.6	18.5	
	9	19.1	19.1	19.1	19.1	19.1	

Table 205. Distribution of the chlorinity (‰) at the spawning ground of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada (after Yamaguchi Naikai Fisheries Exp. Station, 1954). Situations are shown in Table 204.

Depth (m)		0	5	10	25	50	Notes
Month	Situation						
July	5	18.22	18.13	18.17	18.37	18.37	Early fishing season
	6	18.10	18.20	18.15	18.15	18.20	
	7	18.03	17.87	18.16	18.39	18.08	
	8	17.00	18.10	18.30	18.08	18.28	
	9	18.17	18.62	18.23	18.34	18.29	
Sept.	5	17.87	17.69	18.03	17.77	17.79	Spawning season (Full fishing season)
	6	17.60	17.82	17.83	17.12	17.96	
	7	17.44	17.77	17.92	18.03	17.83	
	8	17.76	17.96	18.12	18.06	17.67	
	9	17.90	17.97	17.95	17.70	17.81	
	22	17.72	17.77	17.71	17.71	17.97	
Dec.	5	18.24	18.22	18.16	18.02	18.32	
	6	18.07	18.00	18.16	18.19	17.08	
	7	17.93	17.98	17.93	17.94	17.91	

8	18.00	18.21	18.09	18.06	18.27
9	18.18	18.14	18.12	18.05	18.12

の間に、東支那海の南部沿岸水域（七星島近海）で測定した水温を比較すると、後者では底水温16.0～21.5℃の範囲で、この時期の漁獲状態はほぼ同一の漁場で高温に変ずるほど漁獲量は大きく、かつ成熟魚の出現率が高くなる傾向を示した。これは时期的要因が含まれ、季節の推移による暖流の発達と沿岸冷水帯の衰退に応じたハモ魚群の北上回游および熟度の変化による。この水域（農林漁区574, 575）では4月、5月、6月としたいに高温水域に移行するが、20.0～25.0℃の範囲に底水温が上昇する時期はおおよそ5月中旬から6月中旬であって、さらにこの時期に漁獲された魚のなかには完熟魚がまじっており、産卵期の初期の様相を呈することから、この水域では6月～7月頃が盛期となり、南部はそれより早く、北部ではそれより遅い時期に産卵が行われるようである。したがって東支那海南部の産卵期の水温は周防灘でみられる産卵盛期の環境水温ときわめて似ていることが認められる。

塩素量について、山口県内海水産試験場（1954）の観測結果から産卵場およびこれに近接した水域の観測点の測定値を抽出して、産卵期およびその前後の時期における塩素量を求めると第205表の通りである。すなわち産卵水域の塩素量は底層で17.08～18.44%，このうち産卵盛期である9月の底層塩素量は17.79～17.96%を示している。

6. 産卵場における底生魚類について

船上調査と陸上調査とで、ハモの産卵水域にすむ他の底生魚類の組成をしらべたのが第209表である。すなわち、およそ90種類におよぶがこれらのうち漁獲量の多い種類はワニエソ *Saurida tumbil*、メゴチ *Suggrundus meedervoorti*、ミシマオコゼ *Uranoscopus japonicus*、ガンゾオピラメ *Pseudorhombus cinnamomeus*、メイトガレイ *Pleuronichthys cornutus*、ゲンコ *Areliscus interruptus* などで、これらが産卵場における代表的種類である。またハモの被食魚となるような小型の魚類としては、テンヂクダイ *Apogon lineatus*、ホタルジャコ *Acropoma japonicum*、ゲンコ、アカハゼ *Chaeturichthys hexarema*、およびガンゾオピラメ、ワニエソ、クラカゲギスの幼魚などで、これらは産卵期およびその前後の時期にきわめて多量に出現し標徴的である。

Table 206. Specific composition of the fishes in spawning ground of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada. Note: +, common; c, abundant; cc, very abundant; r, rare; rr, very rare. A, research by embarkation; B, research at Marifu fish market.

Species	Jap. name	A	B	Species	Jap. name	A	B
<i>Heterodontus japonicus</i>	Nekozame		rr	<i>Siganus fuscescens</i>	Aigo		r
<i>Orectolobus japonicus</i>	Ōse		rr	<i>Triacanthodes anomalus</i>	Benikawamuki		rr
<i>Mustelus griseus</i>	Shirozame		r	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	Kawahagi		c
<i>Mustelus manazo</i>	Hoshizame		c	<i>Navodon modestus</i>	Umazurahagi		c
<i>Rhinobatos schlegeli</i>	Sakatazame	c	+	<i>Lagocephalus lunaris</i>	Sabafugu		r
<i>Platyrrhina sinensis</i>	Uchiwazame		+	<i>Fugu rubripes</i>	Torafugu		rr
<i>Raja porosa</i>	Tobakasube	c	cc	<i>Sphoeroides richiei</i>	Nagoyafugu		+
<i>Dasyatis akajei</i>	Akai	c	cc	<i>Fugu vermicularis</i>	Shōsaifugu		+
<i>Gymnura japonica</i>	Tsubakuroei		r	<i>Diodon holacanthus</i>	Halisenbon		rr
<i>Holorhinus tobiei</i>	Tobie		r	<i>Sebastes inermis</i>	Mebaru		+
<i>Saurida tumbil</i>	Wanieso	cc	cc	<i>Sebastes schlegeli</i>	Kurosoi		rr
<i>Saurida elongata</i>	Tokageeso		cc	<i>Scorpaena izensis</i>	Izukasago		rr
<i>Anagò anagò</i>	Gotenanago		+	<i>Inimicus japonicus</i>	Onikoze		c

<i>Conger myriaster</i>	Maanago	C	CC	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	Haokoze	I	+
<i>Rhynchocymba nystromi</i>	Ginanago	I	+	<i>Erisphex potti</i>	Abukoze	I I	I
<i>Rhynchocymba nystromi</i>	Kitsuneanago	I I	I	<i>Agrammus agrammus</i>	kuzime		I I
<i>Muraenesox cinereus</i>	Hamo	CC	CC	<i>Suggundus</i>	Megochi	C	C
<i>Chlopsis fierasfer</i>	Itoanago		I I	<i>meerdervoorti</i>	Inegochi		I
<i>Fistularia villosa</i>	Aoyagara		I	<i>Cociella crocodila</i>	Koichi		C
<i>Fistularia petimba</i>	Akayagara		I	<i>Nibea albiflora</i>			
<i>Macrorhamphosus</i>	Sagifue		I I	<i>Hoplichthys</i>	Natsuharikochi		I
<i>scolopax</i>				<i>langsдорffii</i>	Hobō		I
<i>Sphraena japonica</i>	Yamatokamasu		I	<i>Chelidonichthys kumu</i>	Kanagashira	+	C
<i>Upeneus bensasi</i>	Himeji	+	+	<i>Lepidotrigla</i>	Komochijeko		C
<i>Acanthocephala</i>	Acatachi	C	I	<i>microptera</i>	Mishimaokoze	CC	C
<i>krusensterni</i>	Kiamadai		I I	<i>Uranoscopus japonicus</i>	Numerigochi	C	+
<i>Branchiostegus</i>		CC	CC	<i>Callionymus lunatus</i>	Setonumeri		I
<i>japonicus auratus</i>	Tenjikudai		I I I	<i>Callionymus</i>			
<i>Apogon lineatus</i>	Nenbutsudai		I I I	<i>ornatipinnis</i>	Kurakakegisu	I	CC
<i>Apogon semilineatus</i>	Hotaruzuko	CC	I I	<i>Neopercis sexfasciata</i>			C
<i>Acropoma japonicum</i>	Suzuki		I I	<i>Paralichthys olivaceus</i>	Hirame		C
<i>Lateolabrax japonicus</i>	Mahata		I	<i>Pseudorhombus</i>	Ganzōbirame	CC	+
<i>Epinephelus</i>	Kizihata		I	<i>cinnamomeus</i>	Mushigarei	+	I
<i>septemfasciatus</i>	Ara		I	<i>Eopsetta grigorjewi</i>	Meitagarei	CC	+
<i>Epinephelus akaara</i>	Ishimochi		+	<i>Pleuronichthys cornutus</i>	Magarei		I
<i>Nippon spinosus</i>	Kisu	C	C	<i>Limanda herzensteini</i>	Shimaushino-		I
<i>Argyrosomus argentatus</i>	Madai	C	C	<i>Zebrias zebra</i>	shita	C	I
<i>Sillago sihama</i>	Chidai		I I	<i>Rhinoplagusia japonica</i>	Kurushinoshita		I
<i>Chrysophrys major</i>	Kurodai		I I	<i>Cynoglossus robustus</i>	Inunoshita		I
<i>Evynnis japonica</i>	Chosenbakema		I I	<i>Areliscus interruptus</i>	Genko	CC	C
<i>Mylio macrocephalus</i>	Itoyoridai		I I	<i>Areliscus joyneri</i>	Akashitabirame	+	CC
<i>Banjos banjos</i>	Isaki		I I	<i>Tarphops oligolepis</i>	Aremegarei		+
<i>Nemipterus virgatus</i>	Korodai		I I	<i>Antennarius tridens</i>	Izariuo	I I	I
<i>Parapristipoma</i>	Takenohadai		I I	<i>Squatina japonica</i>	Kasuzame		+
<i>trilineatum</i>	Sasanohabera		I	<i>Bregmaceros japonicus</i>	Saiuo	I I	I I
<i>Plectorhynchus pictus</i>				<i>Chaeturichthys</i>	Akehaze	C	CC
<i>Goniistius zonatus</i>				<i>hexanema</i>	Okihiragi	+	
<i>Pseudolabrus japonicus</i>				<i>Leiognathus rivulatus</i>			

7. 産卵水域における底生生物について

ハモの産卵水域の底生生物（魚類を除く）のおもな種類と漁獲に現われた豊度を示したのが第207表である。すなわち大別してエビ類、カニ類、巻貝類、タコ類、イカ類、ヒトデ類、シャコ類、ヤドカリ類、ウミユリ・トリノアシ類、ウニ類などで、このうちエビ類は優占群聚であり、カニ類は標徴群聚として認められる。エビ類に含まれる種類はかなり多いが、アカエビ *Metapenaeopsis barbatus*、トラエビ *M. acclivis*、キシエビ *M. dalei*、サルエビ *Trachypenaeus curvirostris*、ソコエビジャコ *Crago sagamiense* などがとくに多い。カニ類ではフタホシシシガニ *Charybdis bimaculata* が主位を占め、ほかにナナトゲコブシガニ *Arcania heptacantha*、テナガコブシガニ *Myra fugax*、ツノガニ *Hyastenus diacanthus* などが漁獲されるが稀れである。とくにフタホシシシガニは夏に30~60mの泥砂底に多量に繁殖し、とくに1956年には産卵水域で濃密な群聚性を示し、エビ類のアカエビ、トラエビなどよりも遙かに優勢を示した。巻貝類では *Neverita* sp.、クダマキガイ *Turris leucotropis* などが普通に出現し、ヤドカリ類ではゼンマイヤドカリ *Spiropagurus spiriger* とトゲツノヤドカリ *Diogenes edwardsii* の2種が普通である。ヒトデ類はハダカモミヂガイ *Dipsacaster pretiosus*、モミヂガイ *Astropecten scoparius* およびヒトデ *Asterias amuranis*

Table 207. Specific composition of the benthos in spawning ground of *M. cinereus* in the central waters of Suō-nada. Note: +, common; c, abundant; cc, very abundant; r, rare; rr, very rare.

	Species	Jap. name	catch
Macrura	<i>Metapenaeopsis barbatus</i> (DE HAAN)	Toraebi	CC
	<i>Metapenaeopsis dalei</i> (DE HAAN)	Kishiebi	CC
	<i>Metapenaeopsis acclivis</i> (RATHBUN)	Akaebi	CC
	<i>Metapenaeus monoceros</i> (FABRICIUS)	Yoshiebi	r
	<i>Trachypenaeus curvirostris</i> (STIMPSON)	Saruebi	CC
	<i>Parapenaeopsis tenella</i> (BATE)	Subesubeebi	+
	<i>Penaeus japonicus</i> BATE	Kurumaebi	r
	<i>Crangon japonicus</i> (MIERS)	Tenagatappōebi	r
	<i>Crangon rapax</i> (DE HAAN)	Oniteppoebi	r
	<i>Crago sagamiense</i> (BALSS)	Sokoebijako	C
	<i>Upogebia major</i> (DE HAAN)	Anajako	+
Brachyura	<i>Charybdis bimaculata</i> (MIERS)	Futahoshihigani	CC
	<i>Arcania heptacantha</i> (DE HAAN)	Nanatogekobushigani	+
	<i>Myra fugax</i> (FABRICIUS)	Tenagakobushigani	+
	<i>Hyastenus diacanthus</i> (DE HAAN)	Tsunogani	+
	<i>Eucrate crenata</i> DE HAAN	Marubagani	+
Gastropoda	<i>Neverita</i> sp.	Tsumetagai	+
	<i>Turris leucotropis</i> (ADAMS et REEVE)	Kudamakigai	r
	<i>Tugurium exutum</i> (REEVE)	Kinugesagai	r
	<i>Siphonalia cassidariaeformis</i> (REEVE)	Mikurigai	r
	<i>Phos hirasei</i> SOWERBY	Himetokusabai	r
	<i>Hemifusus ternatanus</i> (GMELIN)	Tengunishi	r
	<i>Goniodoris</i> sp.	Nekojitaiumiushi	+
m. Decapoda	<i>Sepia koiensis</i> HOYLE	Himekoika	C
	<i>Sepia peterseni</i> APPELLÖF	Shishiika	rr
	<i>Sepia esculenta</i> HOYLE	Koika	rr
	<i>Euprymna morsei</i> VERRILL	Mimiika	r
	<i>Loligo japonica</i> HOYLE	Zindoika	rr
	<i>Octopus vulgaris</i> (LAMARCK)	Madako	rr
Anomura	<i>Spiropagurus spiriger</i> (DE HAAN)	Zenmaiadokari	+
	<i>Diogenes edwardsii</i> (DE HAAN)	Togetsunoyadokari	+
Asteroidea	<i>Dipsacaster pretiosus</i> (DÖDERLEIN)	Hadakamomijigai	+
	<i>Astropecten scoparius</i> VALENCIENNES	Momijigai	+
	<i>Asterias amurensis</i> LÜTKEN	Hitode	+
Stomatopoda	<i>Squilla oratoria</i> DE HAAN	Shako	+
Crinoidea	<i>Perometra diomedea</i> (A. H. CLARK)	Tsunoumishida	+
Echinoidea	<i>Temnopleurus reevesii</i> (GRAY)	Harisanshouni	+
Lamellibranchiata	<i>Fulvia mutica</i> (REEVE)	Torigai	r
	<i>Pecten (Notovola) laqueatus</i> SOWERBY	Itayagai	r

などが主体をなすが量的には少ない。またシャコ類はシャコ *Squilla oratoria* のほかに2, 3種生息するが、いずれも量的には少ない。ウミユリ類ではツノウミシダ *Perometra diomedeeae* が普通に生息する。ウニ類では *Temnopleurus reevesii* と思われる種類と他に近縁とみられる2・3種が生息する。イカ類ではヒメコウイカ *Sepia kobeiensis* とミミイカ *Euprymna morsei* が普通出現する。島に近かい水域ではシシイカ *Sepia peterseni* とコウイカ *Sepia esculenta* が稀れに出現した。タコ類ではイダコ *Octopus ochellatus* とテナガゴ *Octopus variabilis* が多く、島に近接した水域ではマダコ *Octopus vulgaris* が稀れに出現した。

以上、産卵水域における底生生物の類別豊度とハモの胃内容物の類別出現率(第一章、食性)のそれぞれの順位はよく一致しており、とくにエビ類、カニ類とハモの密接な関係を認めることができる。

B. マアナゴの産卵水域について

SCHMIDT (1911,¹ 12) はヨーロッパ産アナゴ *Conger vulgaris* の生活史は、ヨーロッパ産ウナギ *Anguilla anguilla* によく相似し、成熟すると産卵のために水深3,000mにおよぶ深海部に帰って行くとし、そして大西洋の産卵場は北緯30°~40°の広い水域に横たわり、2つの明らかな産卵水域として、Spainの沿岸沖と地中海の深海水域をあげた。MEEK (1916) はヨーロッパ産の *Conger vulgaris*、大西洋熱帯海域にすむ *Conger caudilimbatus*、印度洋産の *Conger marginalis* などの分布とそれらの水域に産するウナギ類のそれとが全く同じであることや、SCHMIDT (1911,¹ 12) の報告、Thor 号による大西洋におけるウナギの仔魚と他の数種のウナギ目魚類の仔魚の採集結果、EIGENMANN (1902) による Tile-fish 漁場でのアナゴ類の卵とその仔魚の採集記録などから、大西洋における仔魚の分布を考察し、アナゴ類も淡水産ウナギと同じように深海産の卵によって生活が始まるとした。

周防灘中部水域に生息するマアナゴを対象とした著者の、産卵期、産卵水域に関する調査結果は次の通りである：

1) 雌では半熟卵、稀れに成熟卵をもつ魚体が漁獲されるが、これは下り鰻(松井, 1952)にみられる卵径0.35 mm程度、多くはそれ以下で、ハモ、ゴテンアナゴ *Anago anago*、キツネアナゴ *Rhynchoconger ectenura* のように成熟卵をもつ魚体は全く出現しない。雄でも CUNNINGHAM (1891)が *Conger vulgaris* で認めたような大型魚(75.75 cm)、および成熟の精巣をもつようなものは全くみられず、すべて50 cmより小さく、熟度はほとんど半熟以下のものである。すなわち成熟魚が得られないことは同水域に生息するクロアナゴ *Conger japonica* と全く同じである。

2) 半熟以上に達した比較的大型の魚体は、すべて10~30mの島や岩礁の周辺水域や沿岸泥質底で漁獲され、水深40m以上の周防灘中部水域および10m以浅の沿岸水域では小さい魚体が多く、とくに60~100 cm以上におよぶ親魚は、いずれも島礁周辺や、やや岸を離れた水深20~30mの場所で漁獲されている。したがって、成熟の親魚が生息すればこれらの水域ではいくらかは漁獲される筈であり、また産卵が行なわれるとするならば、産出卵が得られる筈であるが、それは全く採集できない。

3) 60mから泥線150mまでの陸棚水域(東支那海および黄海)では*、マアナゴはきわめて稀れで、それ以浅の沿岸水域に多くなる傾向がある。

4) マアナゴの半熟および成熟魚の出現時期、仔魚の接岸時期および接岸時の体長、変態期とが、邦産ウナギで、成熟した下りウナギの採捕される時期(MATSUI, 1957)や推定産卵期(松井, 1952)、仔魚の接岸時期および接岸時の体長(山本, 1938; 清石, 1939; 松井, 1952)、変態期(松井, 1952)とが、ヨーロッパ産ウナギ *Anguilla anguilla* とヨーロッパ産アナゴ *Conger vulgaris*(SCHMIDT, 1911,¹ 12; CUNNINGHAM, 1891)との関係のようによく相似する。

5) 山口県長門市仙崎沖合の暖流水域では10月から12月頃全長20~60 mm前後のマアナゴ仔魚と思われるものが多数出現する。

* 1948年および1949年における、トロール船舶上調査結果による。

6) マアナゴの抱卵数はキツネアナゴ、ゴテンアナゴ、ハモなどにくらべて非常に多く、クロアナゴやウナギ(松井, 1952)に似ている。

7) 本邦におけるマアナゴの分布は太平洋岸に多く、日本海とくに北部沿岸に少なく、邦産ウナギの分布状態(松井, 1952)によく相似する。

以上の観察結果を総合して次のように考察した: SCHMIDT (1911,¹12) が *Conger vulgaris* の産卵場が深海水域にあるとし、また産卵・回游などの生活史が淡水産ウナギのそれと相似するように、マアナゴも類似した生態をもつとする仮定が成立するに思われる。そしてこの仮定は仔魚がきわめて接岸し、かつ変態期間が短いこと^{*}、卵巣内卵の発達程度から推定した産卵期と仔魚の發育段階の時期的重心の移動状態からみた成長傾向が、邦産ウナギ(松井, 1952)よりも急カーブであり、むしろ沿岸に産卵場をもつハモによく相似することなどから、本種がウナギ類のように深海水域に産卵場をもつとしても、日本産ウナギのように遠距離(松井, 1952; MATSUI, 1957)でなく、深海が沿岸に接近した黒潮本流や支流水域で行われるのではないかと考察される。

SCHMIDT (1925) はアメリカ産ウナギ *Anguilla rostrata* と日本産ウナギの地理的分布と海流との関係の相似性を指摘し(黒潮の影響によるとした)、さらに松井(1938,¹52) は日本産ウナギの分布と黒潮との関係を検討し、両者の関係を一層明らかにした。ところで、本邦および朝鮮沿岸におけるマアナゴの分布は、日本産ウナギの分布と全く相似し、黒潮本流およびその支流の対馬海流とマアナゴの分布とは密接な関係のあることを認め得る。ただ日本産ウナギとは南限を異にし、マアナゴは沖縄以南には生息していない¹⁾、東支那海でも中・南部水域では分布していない点から、当初松井(1952)がウナギの産卵場として推定した台湾以北の水域、すなわち南西諸島の近海水域が有力となる。

摘 要

1. 周防灘中部水域に産するハモおよびマアナゴの産卵場に関する調査を行なった。
2. 周防灘に生息するハモの産卵場は第117図に示したように、山口県熊毛郡祝島および八島の沖合水域で、外洋水の影響を強く受ける水域である。
3. ハモの産卵場の水深は35~60 m、とくに40~50 mの砂泥質または泥質底のところである。
4. ハモの産卵場における産卵期の底水温は22.4~23.7°C前後、塩素量は17.79~17.96%程度である。
5. ハモの産卵場において、産卵期に出現する魚種は90種におよぶが、ワニエソ、メゴチ、メイタガレイ、ミシマオコゼ、ガンゾオビラメ、ゲンコなどが多く、ハモの被食魚となるような小型魚ではテンヂクダイ、ホタルジャコ、ゲンコ、アカハゼおよびガンゾオビラメ、クロウシノシタおよびワニエソの幼魚などが多量に生息する。
6. ハモの産卵場に出現する底生生物は、魚類のほか、エビ類、カニ類、イカ類、タコ類、シッコ類、巻貝類、ヤドカリ類、ヒトデ類、ウニ類などであり、とくにエビ類とカニ類が多い。
7. マアナゴの産卵場としては、北緯25°以北の、深海が沿岸に接近した黒潮本流あるいはその支流水域と思われる。

* *Anguilla anguilla*(BERTIN, 1952), *Anguilla rostrata*(SCHMIDT, 1925), *Conger myriaster*(本文; 内田, 1932) および *Muraenesox cinereus*(内田, 1932) などでは変態期間と産卵場への距離とは比例的である。

第八章 分布、漁場および漁獲量

Chapter VIII. Distribution, fishing grounds and amount of catch of apodal fishes

まえがき

周防灘水域に生息するハモの始漁期は毎年ほぼ5月、終漁期は10月である。すなわち秋から春の期間はほとんどハモの漁獲がみられず、したがってこの期間における魚群の生息状態についてはよくわからない。

ところが東支那海・黄海では、むしろ冬期間に好漁獲があり、したがって周年にわたるハモの生息状態については、笠原(1948)、西海区水産研究所(1953, '55)、大滝ら(1954)などの一連の研究によってかなり明らかにされている。本章ではハモおよびマアナゴの分布と、前者ではとくに秋から春の期間における東支那海の好漁場と、そこでの漁獲状態について検討した。

調査の材料および方法

分布については既往の業績を参照した。ハモの漁場と漁獲状態に関する資料は、著者が1947年12月から1949年10月までの間、乗船調査(トロール船)で得た資料と1947年から1950年の間の日魯漁業株式会社トロー

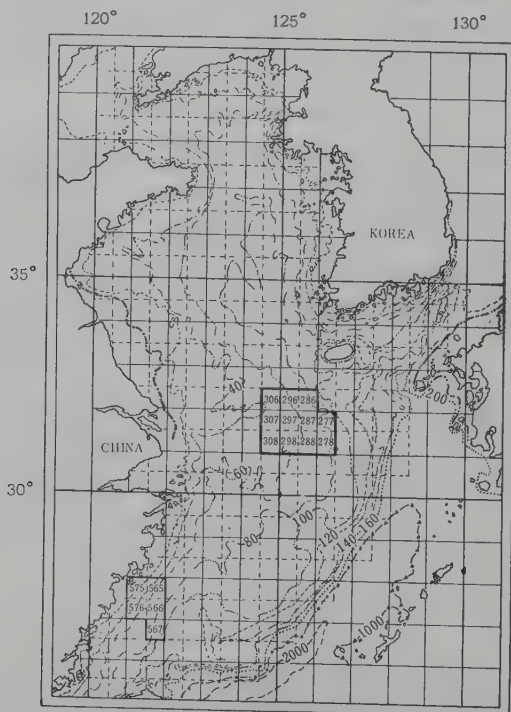


Fig. 121. Investigated fishing grounds (thickened line) of *M. cinereus*, in the East China Sea and Yellow Sea indicated by officially registered number.

ル漁獲報告書を用いた。また底生生物に関する資料は松井と高井（1950）の測定結果を引用した。マアナゴの漁獲に関する資料は瀬戸内海の水産統計資料（1953）と、山口県光市室積および牛島漁業協同組合、山口県熊毛郡上関および四代漁業協同組合の漁獲集計表を用いた。

調 査 結 果

A. ハ モ

1. 分 布

ハモは紅海から印度洋、東印度諸島、西南太平洋、支那海、黄海および日本沿岸にわたって広く分布する。既往の業績に記載された産地をあげると次の通りである。

Suwato (RUTTR, 1897), Lujou・Paray (JORDAN and SEALE, 1901), Fiji (JORDAN and DICKERSON, 1908), Philippine Archipelago (JORDAN and RICHARDSON, 1908), Borneo (SEALE, 1910), East China Sea・Chefoo (EVERMAN and SHAW, 1927), Korea (MORI, 1928), Korea (JORDAN and METZ, 1931), Rokan Mouth (HARDENBERG, 1931), Sandakan・British North Borneo・Hong Kong (HERRE, 1931, '33), Java (BORDIN, 1932), Korea (MORI and UCHIDA, 1934), Philippine (UMALI, 1936), Siam (SUVATTI, 1936), Malay Peninsula (HERRE and MAYERS, 1937), Hong Kong (TORTONESE, 1939), South Africa (SMITH, 1950), そして本邦沿岸では、下田 (BREVOORT, 1856), 日本 (JORDAN and SNYDER, 1900; SMITH, 1906; JORDAN and DICKERSON, 1908; FRANZ, 1910; JORDAN and THOMPSON, 1914), 高知 (SMITH and POPE, 1906), 鹿児島 (SNYDER, 1912), Osaka (MATSUURA, 1920), 紀州(宇井, 1926), 富山 (市島, 1927), 駿河湾 (SCHMIDT and LINDBERG, 1930), 駿河湾 (SCHMIDT, 1930), 富山 (中村, 1934), 福井 (小池, 1936), 土佐 (蒲原, 1930, '40), 富山 (片山, 1940), 東海 (川上, 1949), 東海 (真子, 1949), 東海 (片山と高井, 1950), 新潟 (本間, 1952) などである。

さらに本邦沿岸および隣接水域の年間漁獲量（農林省経済局統計調査部, 1956）から分布状態をみると、東支那海区がもっとも多く4,781,000貫、ついで日本海区（主として山口県、島根県沿岸）が1,469,000貫、瀬戸内海区が543,000貫、福島県以南の太平洋海区が462,000貫で、これらの総漁獲高は7,257,000貫に達している。すなわち、本邦では中部以南の水域に多く生息していることがわかる。

2. 東支那海におけるハモの漁場とその漁獲量について

東海・黄海水域におけるハモとその近縁種の漁期・漁場・回游などについては笠原（1948）、川上（1949）、西海区水産研究所（1952, '54）などで明らかにされている。すなわちこの水域に生息する魚群は大別して、東海南部の大陸沿岸を南北に回游する東海南部の魚群、上海東方水域のバーレン近海から東海北部中央のスコトラロック水域にわたって生息する東海北部の魚群、および黄海の魚群の3群が知られている。そしてこれら各魚群の季節回游によって、それぞれ各所に好漁場が形成されるが、南部の魚群では3月から5月頃、福建省の東引島近海水域から七星島近海水域に好漁場が形成され、その重心は時期の経過とともにしだいに北上し、7月頃には舟山列島水域からバーレン近海水域に達し、8月～9月頃からしだいに遠陸的な移動をする傾向が認められている。また東海北部の魚群は春になって暖流の勢力が強くなるとスコトラロック近海の越冬水域からしだいに西方に移動し、夏の期間、バーレン水域に好漁場を形成し、秋になると再び遠陸移動を行うようである。また黄海系魚群は冬の期間黄海の南部水域で越冬し、春から大陸沿岸に移動するようである。

東海北部魚群の越冬漁場および南部魚群における春（4月～6月）の漁場におけるハモの漁獲状態について調査した結果は以下の通りである。

1) 北 部 漁 場

10月から1月にわたる各月の魚種別漁獲率を第208表に示した。ハモの漁獲率の優勢順位はこの間3～5位を占める。月別にみると10月の漁獲率は8.4%程度でシログチ、クログチ、キグチ、ウバゴチについて5

Table 208. Specific fishing rate (%) of fishes in fishing grounds of *M. cinereus* in each fishing season in the northern waters of the East China Sea. (A) and southern waters in Yellow Sea (B). Note: a unit, one box (containing about 23 kg).

Month	Oct.		Month	Nov.		Month	Dec.		Month	Jan.	
Fishing ground	A • B		Fishing ground	A • B		Fishing ground	A • B		Fishing ground	A • B	
Catch volume	Box	%	Catch volume	Box	%	Catch volume	Box	%	Catch volume	Box	%
Jap. name			Jap. name			Jap. name			Jap. name		
Hamo	119	8.5	Hamo	258	8.4	Hamo	228	7.5	Hamo	65	4.3
Shiroguchi	301	21.5	Kiguchi	1178	38.2	Kiguchi	1192	39.4	Kiguchi	632	42.3
Kuroguchi	260	18.5	Shiroguchi	488	15.8	Honnibe	640	21.2	Honnibe	236	15.8
Kiguchi	234	16.7	Honnibe	392	12.7	Akashitabirame	198	6.5	Tachiuo	182	12.2
Ubagochi	158	11.3	Akashitabirame	136	4.4	Isagogangiei	119	3.9	Isagogangiei	98	6.6
Mishimaokoze	49	3.5	Akaei	122	4.0	Tachiuo	102	3.4	Shiroguchi	42	2.8
Shiroamadai	47	3.4	Tachiuo	55	1.8	Koichi	67	2.2	Akaei	32	2.1
Maeso	38	2.7	Isagogangiei	43	1.4	Akaei	64	2.1	Meitagarei	30	2.0
Gangiei	29	2.1	Ushiei	35	1.1	Kuroguchi	47	1.6	Mafugu	26	1.7
Akashitabirame	23	1.6	Koichi	32	1.0	Meitagarei	37	1.2	Koichi	24	1.6
Tachiuo	17	1.2	Ganzobirame	29	0.9	Sakatazame	35	1.2	Ubagochi	24	1.6
Honnibe	13	0.9	Maruazi	27	0.9	Tumaritsu- nozame	25	0.8	Kanagashira	20	1.3
Yakkoei	11	0.8	Aburatsu- nozame	25	0.8	Shiroguchi	22	0.7	Hoshizame	20	1.3
Kasuzame	11	0.8	Hoshizame	16	0.5	Kasuzame	14	0.5	Sakatazame	15	1.0
Zuguei	8	0.6	Zuguei	14	0.5	Hoshizame	14	0.5	Akashitabirame	14	0.9
Managatsuo	7	0.5	Mishimaokoze	13	0.4	Ubagochi	12	0.4	Ankoo	13	0.9
Ibodai	6	0.4	Kasuzame	11	0.4	Aburatsu- nozame	11	0.4	Ushiei	10	0.7
Tsumaritsu- nozame	4	0.3	Fusei	9	0.3	Maruagi	8	0.3	Mushigarei	6	0.4
Foshizame	2	0.1	Akauchinoshita	8	0.3	Yanagimushi- garei	4	0.1	Kuroushino- shita	1	0.1
Nashifugu	6	0.4	Mushigarei	7	0.2	Shiroei	4	0.1	Other fishes	5	0.3
Akaei	2	0.1	Tsubakuroei	7	0.2	Fusei	3	0.1			
Yoroiitachiuo	1	0.1	Yakkoei	6	0.2	Mushigarei	3	0.1			
Kue	1	0.1	Zuguei	6	0.2	Zuguei	3	0.1			
Shirozame	1	0.1	Hobō	2	0.1	Yakkoei	2	0.1			
Other fishes (Small fishes)	54	3.9	Kuroguchi	2	0.1	Ushinoshita	1	0.0	Total catch	1495	
			Yoshikirisame	1	0.0	Mishimaokoze	1	0.0			
			Tsumaritsu- nozame	1	0.0	Managatsuo	1	0.0			
			Meitagarei	1	0.0	Setodai	1	0.0			
			Nashifugu	1	0.0	Other fishes	167	5.5			
Total catch			1402	Total catch			3083	Total catch			3023

%, 286区および277区がこれにつき、それぞれ7.4, 7.2%を示した。

以上のように、この水域はシログチ、クログチ、キグチおよびホンニベなどの越冬水域でもあり、秋から冬の期間にこれらの魚群が来遊し、混生の状態を示す。とくにハモの生息場所はこれらのうちではホンニベやキグチと接近しているようにみられる。

Table 209. Fishing rate (%) of various fishes per haul in fishing grounds of *M. cinereus* in the northern waters of the East China Sea, in November. For abbreviation of fishing ground, see Fig. 121.

Fishing season		Nov., 1947 and '48				
Jap. name	Fishing ground	277	288	289	278	287
Hamo		7.24%	6.73%	2.81%	5.07%	8.10%
Kuroguchi		28.70	35.78	1.23	26.39	
Ubagochi				1.29		
Kiguchi		3.40		67.64	3.38	8.10
Nodoguro		0.10	0.11			
Mishimaokoze		0.75	2.35		0.59	
Tsumaritsunozame			0.60			
Hōbō				0.17		
Akabei				2.81	2.78	4.80
Isagogangiei		3.04	4.51	0.14	1.29	
Shiroguchi		32.02	26.68	3.99	31.07	35.09
Honnibe		3.60	4.78	9.57	1.09	14.42
Akashitabirame		1.00	0.80	1.52		4.32
Gangiei			0.06	0.37		6.25
Wanieso		0.22	1.54	0.31	6.87	1.44
Techiuo		0.37	2.02	1.12	2.29	
Nashifugu				0.02		
Kasuzame		0.95				
Yoroiitchiuo					0.19	
Ubagochi		11.53	7.88		4.78	
Ginzame			0.40	1.81		
Zuguei		0.09				
Managatsuo		0.12		0.86	7.16	2.88
Onibe		0.04				
Ibodai				0.17	0.79	
Maazi				0.14		
Sakatazame					0.19	
Hoshizame			0.06		2.39	3.36
Other fishes		6.83	5.70	4.03	3.68	11.24
Total catch (box)		236	312	165	347	69
Number of haul		6	7	5	11	3

2) 南部漁場

大陸沿岸東引島（福建省）および七星島の近海水域（556区、576区、567区、564区、575区、565区、568区）における南部魚群についてしらべた結果は第210表の通りである。すなわちハモはクログチ、シログチ、サメ類について高率に出現する。漁区別にみると第211表の通りで、クログチとは生息場所をやや異にし、それより沿岸の浅い水域（576区、564区）が好漁場を形成している。漁場水深は30～60mで、とりわけ40～50mにもっとも多い。ここではアカエイ、ズグエイ、ツバクロエイ、マナガツオ、スダレダイ、およびエドアブラザメ、ネコザメ、トラザメ、サカタザメ、コモンサカタザメなどのサメ類が比較的多量である。

* スズハモ *M. yamaguchiensis* が高率に漁獲される。

Table 210. Fishing rate (%) of various fishes in fishing grounds of *M. cinereus* in each fishing season in the southern waters(E) of the East China Sea. Note: a unit, one box (containing about 23kg).

Fishing season			Fishing season		
Apr.~May			Apr.~May		
Fishing ground			Fishing ground		
E			E		
Jap. name	Catch volume	%	Jap. name	Catch volume	%
Hamo	95	3.4	Sabafugu	1	0.0
Kiguchi	11	0.4	Komonsakatazame	44	1.6
Shiroguchi	120	4.3	Yoshikirisame	4	0.1
Kuroguchi	1530	55.2	Shirosame	7	0.6
Madai	3	0.1	Mezirozame	118	4.3
Chidai	1	0.0	Ebisuzame	6	0.0
Kidai	5	0.2	Managatsuo	17	0.6
Hirekodai	22	0.8	Akeei	70	2.5
Onibe	1	0.0	Tokakeeso	134	4.8
Mushigarai	25	0.9	Ubagochi	29	1.1
Tengukasube	17	0.6	Ibodai	21	0.8
Yakkoei	1	0.0	Honnibe	1	0.0
Zuguei	4	0.1			
Ganzobirame	18	0.7	Other fishes	416	15.0
Wanieso	17	0.6			
Hōraisame	4	0.1	Total catch	2771	
Tachiuo	29	1.1	Number of haul	67	

Table 211. Fishing rate (%) of various fishes per haul in fishing grounds of *M. cinereus* in the southern waters of the East China Sea, in April. For abbreviation of fishing ground, see Fig. 121.

Fishing date		Apr. 8~May 1, 1948				Apr. 12~Apr. 26, 1948			
Fishing ground		565	566	567	575	565	560	567	575
Jap. name									
Hamo		4.8%	1.3%	%	8.8%	7.6%	1.2%	13.2%	9.2%
Kuroguchi		4.9	51.9	35.3	0.8	7.6	54.7	33.3	1.7
Kiguchi									
Akaamadai			0.5				0.5		
Isagogangiei									
Mishimaokoze		1.1	0.2			0.7			0.5
Mushigarai									1.5
Yanagimushigarai	}	0.2			0.2				
Meitagarai									
Shirozame		4.5	0.1				1.0		
Tsumaritsunozame		2.7	0.9			0.4	1.0		
Akeei		7.7	3.8	14.0	14.5	0.7		13.2	15.2
Gangiei		3.2	0.1		0.5		1.0	0.6	0.2
Shiroguchi		34.0			5.6	5.1			5.9
Honnibe		5.4	1.8	2.0	2.4		1.9		2.5
Yakkoei		1.4	0.8		0.2	4.8			29.2
Wanieso		1.8	0.2		3.5	2.3	0.2		3.7
Tachiuo		0.2	0.1		1.2	0.4			
Madai		0.2			0.9	0.4			1.0
Nashifugu						0.7			
Ubagochi		0.5	0.1		0.1	0.7			

Zuguei	2.6	5.6	4.7	27.8	36.0	5.9		
Kidai		2.4				2.5	1.2	
Managatsuo	4.3			14.5	6.5	0.2		15.2
Higesorihigedai				0.9				0.9
Sudaredai	1.1			1.3	1.7			1.4
Tamaganzōbirame	1.4			0.5	2.1			0.6
Ōnibe	4.3	13.4	34.7	1.1	6.5	14.2	32.5	1.1
Tsubakuroei	8.8	1.4	1.3	4.0	13.3	1.5	1.2	4.5
Hotarujako	0.2	1.8	5.3	0.5		1.9	5.0	
Sakatazame	0.5	6.1		0.8	0.7	6.4		
Hira				0.1				0.1
Ibodai	5.4	2.3				2.6		
Itoyori		0.3						
Mahata		0.1						
Hirekodai								
Torafugu	0.5	0.1		0.1				0.1
Other fishes	6.3	5.0	2.7	8.2	2.1	4.2		4.0
Total catch (box)	276	411	293	510	384	365	342	261
Number of haul	9	7	7	12	11	6	7	8

3. 漁場の底水温と漁獲率との関係

東支那海北部漁場における秋から冬の期間および東支那海南部漁場における春から初夏にわたる期間の底水温と漁獲率との関係を第212表に示した。すなわち北部漁場の9月の底水温は17.0~21.0°Cでやや高水温範囲に高率の漁獲がある。10月の底水温は15.5~21.5°Cで適水温の範囲は17.5~20.0°C、とりわけ18.5~19.0°Cの間で好漁獲があり、1網平均漁獲量は2.75（単位は箱、およそ内容重量23kg）を示す。11月には14.5~21.5°Cで、適水温は15.0~17.0°Cの範囲に認められ、15.0~15.5°Cと16.5~17.0°Cの間にそれぞれ好漁獲がある。12月には12.0~18.5°Cの範囲となり、好漁獲は12.0~12.5°C、16.0~16.5°Cおよび16.5~

Table 212. Relation between the bottom water temperature and the catch per haul (box) of *M. cinereus* in every fishing season in the northern waters of the East China Sea.

Fishing season Bottom water temp. (°C)	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.
11.00 ~ 11.50	—	—	—	—	1.00
11.50 ~ 12.00	—	—	—	—	0.66
12.00 ~ 12.50	—	—	—	3.00	0.57
12.50 ~ 13.00	—	—	—	—	0.77
13.00 ~ 13.50	—	—	—	1.00	1.00
13.50 ~ 14.00	—	—	—	2.15	—
14.00 ~ 14.50	—	—	—	1.55	—
14.50 ~ 15.00	—	—	0.80	2.09	—
15.00 ~ 15.50	—	—	3.07	1.86	2.50
15.50 ~ 16.00	—	1.00	2.26	1.92	1.60
16.00 ~ 16.50	—	2.00	2.07	3.76	4.50
16.50 ~ 17.00	—	—	3.12	4.75	1.20
17.00 ~ 17.50	0.41	—	1.00	2.00	2.00
17.50 ~ 18.00	0.83	2.66	1.00	—	—
18.00 ~ 18.50	0.25	2.33	2.00	1.50	—
18.50 ~ 19.00	0.57	2.75	1.33	—	—
19.00 ~ 19.50	2.20	2.11	1.00	—	—
19.50 ~ 20.00	2.00	2.18	—	—	—
20.00 ~ 20.50	2.00	1.40	1.00	—	—
20.50 ~ 21.00	2.50	1.71	—	—	—
21.00 ~ 21.50	—	1.75	2.00	—	—

17.0°Cの範囲にそれぞれ示される。さらに1月では11.0~17.5°Cの範囲となり、15.0°C以下の低水温範囲では漁獲率が低く、15.0~17.5°Cの範囲で比較的高率の漁獲が認められる。

南部漁場における底水温は11.0~21.5°Cの範囲にわたるが、ハモの漁獲は13.0~21.5°Cの範囲に現われ、月別にみると、4月では14.5~18.0°Cの範囲に好漁獲があり、5月では13.5~21.5°Cの範囲に漁獲があるが、とりわけ13.5~17.5°Cの範囲と17.0~21.5°Cの範囲にそれぞれ好漁獲が示される。

Table 213. Relation between the bottom water temperature and the catch per haul (box) of *M. cinereus* in each fishing season in the southern waters of the East China Sea. For abbreviation of fishing grounds, see Fig. 121.

Fishing season Fishing ground Bottom water temp. (°C)	Apr.	May		June
	565 + 566	565	576	575
11.00 ~ 11.50	—	—	—	—
11.50 ~ 12.00	—	—	—	—
12.00 ~ 12.50	—	—	—	—
12.50 ~ 13.00	—	—	—	—
13.00 ~ 13.50	—	—	—	1.00
13.50 ~ 14.00	—	4.00	—	—
14.00 ~ 14.50	—	3.43	—	0.50
14.50 ~ 15.00	2.00	3.50	0.50	0.75
15.00 ~ 15.50	4.50	3.70	—	—
15.50 ~ 16.00	1.90	5.34	—	4.00
16.00 ~ 16.50	4.20	2.71	—	0.40
16.50 ~ 17.00	4.30	4.66	—	—
17.00 ~ 17.50	—	3.20	2.10	0.33
17.50 ~ 18.00	3.60	1.00	—	0.11
18.00 ~ 18.50	1.40	1.50	4.20	—
18.50 ~ 19.00	0.90	—	3.00	—
19.00 ~ 19.50	1.30	0.25	3.00	—
19.50 ~ 20.00	1.30	0.50	5.75	—
20.00 ~ 20.50	—	0.57	—	—
20.50 ~ 21.00	—	—	—	—
21.00 ~ 21.50	—	—	5.50	—

以上の結果と松井と高井(1949, '52)が他の魚についてしらべた結果を引用してハモと比較すると第214表となる。

Table 214. Showing the optimum water temperature for several important fishes in the East China Sea and Yellow Sea. A, northern waters in the East China Sea; B, southern waters in Yellow Sea; C, middle waters in the East China Sea; E, southern waters in the East China Sea.

Species	Fishing season	Fishing ground		Bottom water temperature (°C)		
		Area	Depth (m)	Range of haul	Range of catch	Optimum
<i>Trichiurus lepturus</i>	6	C	45~80	14.40~21.50	15.50~19.00	17.50~18.00
	10	C	50~95	10.40~19.90		16.70
	11	A	50~95	10.30~17.00		{ 12.00~12.50 15.00~15.50
<i>Müchthys imbricata</i>	11	A	41~110	14.10~18.50	14.10~18.50	15.10~17.00
	12	A			11.00~14.50	14.10~16.50
	1	A			11.10~17.00	12.60~16.00
	2	A			10.60~16.50	10.60~16.00
	3	A			11.00~14.50	15.20

<i>Argyrosomus argentatus</i>	12~ 1	A	40~115	12.0 ~21.0	12.00~17.00	16.50~17.00
	3~ 4	A			12.50~19.50	17.00~18.00
	10~11	A			15.00~21.00	12.50~13.00
	11~12	A			15.00~18.50	20.50~21.00 16.50~18.00 18.50~19.00
<i>Argyrosomus nibe</i>	4	E	45~100	12.00~22.00	14.50~21.50	17.50~20.00
	5~ 6	E			12.00~22.00	18.50~22.00
	10~11	A			18.50~21.50	19.50~20.50
<i>Lepidotrigla microptera</i>	2~ 3	B	50~ 75	5.9 ~ 8.8	5.90~ 8.8	6.00~ 8.80
<i>Pseudosciaena manchurica</i>	9	A	40~110	11.10~21.00	15.75~20.75	15.75~16.75
	10~11	A			15.25~20.75	17.75~18.25
	11~12	A			14.75~18.25	15.25~16.25
	12~ 1	A			11.25~16.75	14.75~15.75 12.25~14.25
<i>Muraenesox cinereus</i>	4	E	40~110	11.00~21.50	14.50~20.00	14.50~18.00
	5	E			13.50~21.50	17.00~21.50
	6	E			11.50~18.00	13.50~18.50
	9	E			17.00~21.00	15.00~16.00
	10	A			15.50~21.50	19.00~21.00
	11	A			14.50~21.50	16.00~20.00
	12	A			12.00~18.50	15.00~17.00
	1	A			11.00~17.50	16.00~17.00 15.00~17.00

この表に示されているように、春の南部漁場では、ハモはクログチに比して低温の水域に生息し、秋の北部漁場ではハモはシログチ、クログチおよびホンニベなどより低温の水域に、キグチとカナガシラよりもやや高い水温の水域に生息する傾向がみられる。

4. 漁場の水深と漁獲率との関係

乗船調査による測定結果と日魯漁業株式会社トロール漁獲報告書から、東海北部漁場の水深の漁獲率との関係を月別に求めたのが第215表である。

すなわち12月（1948月）の操業水深は50~100mの範囲で、とくに60~80mのところでもっとも多く操業され、かつ比較的安定した好漁獲がみられる。1月（1949年）には55~100mの水深範囲で操業され、55~85mの範囲がもっとも操業回数が多く、そして55~60mおよび65~85mのそれぞれの範囲に好漁獲が示されている。2月では60~110 mの範囲に漁獲があり、中旬以後70~110 mの広い範囲に比較的安定した漁獲がある。さらに3月では65~110 mの範囲で操業され、85~105 mの比較的深いところに好漁獲がみられる。4月は60~110 mの範囲に操業されているが60~80 mがもっとも多い漁撈が行なわれ、とりわけ60~70 mの水深範囲で高率の漁獲が示されている。5月はトロール船の多くが南部漁場に出入するので資料がない。5月には45~70 mの浅い水域で操業されているが、そのうち55~65 mの水深のところでもっとも多く操業され、かつ安定した好漁獲がみられる。すなわち4月以降漁獲水深の重心はしだいに浅い方に移る傾向がみられる。これはハモ魚群の季節回游によるためで、主漁場はしだいにバーレン水域に近づく。周防灘水域では、ちょうどこの時期が始漁期で、20~30 mの水深のごく沿岸水域で漁獲がみられ、接岸時期がこれとよく一致している。7月には45~70 mの狭い範囲で操業され、とりわけ、55~70 mでもっとも多く操業されているが、中旬以降漁獲は比較的低率である。これは魚群の重心が60 m以浅の水域にあるためと思われる。10月に入ると再びスコトラロック周辺漁場で漁獲がみられ、操業水深は65~100 mとなり、各水深範囲でそれぞれ好漁獲が示される。11月では45~110 mの広い範囲に漁獲がみられるが、好漁水深は深い方に移り、75~110 mで安定した漁獲率を示している。すなわち10月以降しだいに主漁場は深い水域に移る。周防灘水域ではこの時期が終漁期である。

Table 215. Monthly variation of the catch per haul of *M. cinereus* in each fishing depth in the northern waters of the East China Sea. Numerical letters put in parenthesis indicate number of the haul.

Fishing depth (m)		40 ~ 45	45 ~ 50	50 ~ 55	55 ~ 60	60 ~ 65	65 ~ 70	70 ~ 75	75 ~ 80	80 ~ 85	85 ~ 90	90 ~ 95	95 ~ 100	100 ~ 105	105 ~ 110
Fishing period		45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
June	First decade		3.00 (1)	1.89 (9)	3.51 (47)	2.84 (58)	4.00 (1)								
	Second decade			0.33 (6)	1.86 (43)	1.66 (62)	2.00 (1)								
	Last decade		(1)	0.75 (8)	1.00 (1)										
July	First decade		(1)		1.40 (5)	1.30 (33)	1.33 (6)								
	Second decade				0.58 (12)	0.94 (17)	1.00 (2)								
	Last decade				0.44 (9)	0.67 (9)	1.11 (9)								
Oct.	First decade							2.00 (1)	0.43 (7)	0.50 (4)	1.56 (9)	1.00 (7)	1.33 (3)		
	Second decade					1.00 (3)	1.45 (11)	1.36 (14)	1.78 (9)	1.10 (11)	1.43 (7)	1.50 (8)			
	Last decade					2.44 (32)	2.33 (38)	2.62 (42)	2.29 (24)	2.24 (17)	1.80 (5)	2.42 (7)			
Nov.	First decade							1.20 (5)	2.00 (5)	1.73 (11)	2.41 (17)	2.97 (29)	3.13 (36)	3.00 (7)	3.46 (14)
	Second decade		1.00 (1)			1.00 (1)		2.50 (4)	2.00 (10)	1.55 (33)	2.17 (29)	2.89 (9)	2.86 (14)	2.57 (7)	2.40 (5)
	Last decade														
Dec.	First decade					1.50 (4)	2.40 (5)								(1)
	Second decade			0.25 (4)	1.00 (2)	2.00 (1)	0.88 (16)	1.50 (6)	1.67 (6)	1.20 (5)	1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)		
	Last decade			1.00 (3)	1.73 (11)	2.00 (12)	1.54 (13)	0.33 (3)	0.83 (29)	1.40 (10)	1.71 (7)	1.80 (5)	1.00 (3)		
Jan.	First decade				1.00 (1)	1.00 (1)	1.00 (1)		2.00 (1)	2.00 (1)	3.00 (1)	3.00 (1)			
	Second decade				1.79 (52)	0.50 (4)	0.64 (14)	1.00 (23)	1.77 (30)	1.71 (14)	2.00 (3)	2.67 (3)	2.00 (1)		
	Last decade				1.62 (34)	1.38 (8)	1.05 (44)	2.75 (20)	2.75 (12)	2.40 (10)	2.00 (1)	8.00 (2)	1.40 (5)		
Feb.	First decade					0.64 (11)	1.33 (21)	2.59 (110)	2.70 (60)	4.05 (16)	4.00 (5)				
	Second decade					0.67 (6)	2.13 (6)	5.22 (16)	5.80 (32)	4.27 (35)	1.93 (11)	4.08 (14)	4.36 (26)	3.33 (22)	
	Last decade					1.00 (6)	0.87 (11)	2.15 (8)	2.85 (13)	1.75 (4)	2.25 (4)	1.50 (2)	1.00 (7)	1.25 (4)	4.50 (2)
Mar.	First decade						1.00 (1)	0.75 (4)	1.00 (4)	1.00 (1)	1.89 (9)	2.94 (34)	4.00 (77)	1.00 (1)	1.00 (3)
	Second decade						0.25 (1)	0.67 (3)	1.18 (1)	1.69 (11)	1.44 (13)	2.33 (27)	1.43 (18)		
	Last decade						1.37 (19)	1.06 (18)	0.56 (9)		2.50 (8)	0.94 (43)	1.65 (34)	1.92 (12)	1.00 (4)
Apr.	First decade					1.81 (52)	2.03 (65)	1.73 (15)	1.47 (15)	2.00 (2)	1.33 (3)	1.50 (4)	0.67 (3)	1.00 (4)	1.00 (1)
	Second decade					3.40 (43)	2.31 (13)	1.33 (6)	1.22 (9)	1.75 (4)	1.22 (9)	1.42 (19)	0.88 (16)	0.67 (3)	
	Last decade					2.00 (7)	0.56 (9)	2.00 (1)	1.50 (2)				1.00 (1)		

Table 216. Monthly variation of the catch per haul of *M. cinereus* in each fishing depth in the southern waters of the East China Sea. Numerical letters put in parenthesis indicate number of the haul.

Depth of water (m)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	Average
Month	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	120	
April, 1949					(1)	8.00 (3)	7.81 (6)	2.66 (12)	4.00 (18)	2.45 (20)	4.88 (18)	1.80 (10)	3.65 (22)	5.33 (33)	5.00 (2)	4.11 (145)
May					2.00 (1)	7.00 (3)	4.10 (10)	5.22 (18)	5.44 (72)	4.32 (59)	4.85 (89)	5.22 (90)	4.25 (43)	2.56 (130)	3.53 (15)	4.32 (530)
June					3.20 (10)	2.89 (14)	4.18 (16)	2.11 (17)	4.17 (35)	4.17 (35)	2.33 (3)	1.50 (4)	0.66 (3)		0.03 (57)	2.00 (202)
July	0.50 (2)	0.39 (23)	(16)													0.24 (41)

Table 217. Comparison of the proper fishing depth of several important fishes in the East China Sea and Yellow Sea. A, northern waters of the East China Sea; B, southern waters of Yellow Sea; E, southern waters of the East China Sea.

Species	Fishing ground	Month	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	June	July	Oct.	Nov.	Dec.
		Catch depth										
<i>Pseudosciaena manchurica</i>	A	Catch depth Optimum depth								65~ 100	40~ 100	
<i>Lepidotrigla microptera</i>	B	Catch depth Optimum depth			50~75							
					65~70							
<i>Argyrosomus nibe</i>	E	Catch depth Optimum depth				55~95	45~85 50~60					
						85~95	70~75					
	A	Catch depth Optimum depth								70~ 100	70~ 100	
										85~95	85~95	
<i>Miichthys imbricata</i>	A	Catch depth Optimum depth	56~ 100	61~ 110	66~ 110	61~ 110	46~ 105			66~ 100	41~ 110	51~ 100
			56~90	61~90	65~90	61~90	61~85			66~80	46~70	51~70
<i>Trichiurus lepturus</i>	A	Catch depth Optimum depth	50~ 115	50~95	60~ 120	50~ 110 55~75	50~ 105	45~ 125		50~ 115	50~ 100	45~ 100
			60~70	60~80	70~ 120	85~ 105	45~ 105	70~85		65~90	55~85	55~70
<i>Argyrosomus argentatus</i>	A	Catch depth Optimum depth	55~ 100	60~ 115	65~ 110			45~80	45~70	65~ 100	40~ 110	45~ 105
			55~65 75~95	100~ 110	85~ 110			50~70	55~70	65~ 100	75~ 105	65~ 100
<i>Muraenesox cinereus</i>	A	Catch depth Optimum depth	45~ 110	45~ 110	55~ 100	50~ 110				50~ 110	50~95	45~90
			70~90	85~90	80~ 100	60~80				50~70	55~90	65~90

さらに南部漁場における漁獲水深をしらべると第 216 表となる。すなわち操業水深は 4 月から 6 月の間、30~120 m にわたり、4 月は 55~120 m、5 月は 50~120 m、6 月は 50~120 m、7 月は 30~40 m の水深範囲でそれぞれ漁獲がみられる。そして 4 月・5 月は 55~75 m の範囲で好漁獲があるが 90 m 以深ではかなり漁獲されている。6 月は 50~70 m で高率の漁獲がみられるがそれ以深では低率である。7 月には魚群は北に移動し、この水域では全般的に好漁獲はみられなくなる。

以上の結果（北部漁場）と松井と高井（1949, '52）がしらべた東支那海、黄海岸の他の魚類の漁獲水深とを比較すると（第 217 表）、キグチの漁獲水深は 40~105 m であるが、漁獲適深は月によりかなりの変動があり、9 月・10 月では 80~90 m、11 月では 40~50 m、12 月では 60~70 m、1 月では 60~75 m、2 月では 55~65 m、3 月では 75~80 m、4 月では 60~70 m にそれぞれみられ、全体的に秋から冬の期間における漁獲水深はハモに比して浅い傾向を示す。また黄海南部水域で越冬するカナガシラの漁獲水深は 50~75 m で、漁獲適深は 60~70 m であり、この種の生息場所もハモに比して浅い。クロクチの漁獲水深は年間を通じて 40~120 m であるが、10 月と 11 月の漁獲適深は 70~100 m で、至適水深は 85~95 m、すなわちハモよりやや深い傾向が認められる。タチウオでは年間を通じて 40~125 m であるが、漁獲適深は 10 月・11 月では 65~90 m、1 月では 60~70 m、2 月では 60~80 m、3 月では 70~115 m の範囲にそれぞれみられる。すなわち秋から冬の期間の漁獲適深はハモよりやや深い。またシロクチでは年間を通じて 40~115 m の範囲に漁獲がみられ、漁獲適深は 10 月では 80~100 m、11 月では 75~105 m、12 月では 90~100 m、1 月では 75~95 m、2 月では 90~110 m、3 月では 100~110 m で、やはりハモに比してやや深い傾向がみられる。またホシニベは年間を通じて 40~115 m の範囲に漁獲があり、9 月・10 月では 55~70 m、11 月では 65~75 m、12 月では 45~70 m、1 月では 60~75 m にそれぞれ漁獲適深があり、魚群の重心はハモに比してやや浅いところにあるように考えられる。

Table 218. Comparison of the optimum depth (m) of several important fishes in the northern waters of the East China Sea.

Species Month	<i>Muraenesox cinereus</i>	<i>Argyrosomus argentatus</i>	<i>Miichthys imbricata</i>	<i>Trichiurus lepturus</i>	<i>Argyrosomus nibe</i>	<i>Lepidotrigla microptera</i>	<i>Pseudosciaena manchurica</i>
Sept.	60~70			65~85			
Oct.	50~70	80~100	56~70	65~90	85~95		80~90
Nov.	55~80	75~105	66~75	65~85	85~95		40~50
Dec.	40~70	65~100	46~70	55~70			60~70
Jan.	75~80	75~95	61~75	60~70			60~75
Feb.	75~90	90~110	76~80	60~80		60~70	55~65
Mar.	65~90	100~110	71~75	70~120		60~70	75~80

5. 漁場の底生生物

北部および南部のハモ漁場における底生生物の出現率を第 219 表に示した。

Table 219. Appearance rate (%) of benthos association in the northern (A) and southern (E) waters of the East China Sea (after MATSUI and TAKAI, 1950).

Association area	A		E	
Benthos	Range (%)	Mean	Range	Mean
Tetraxonida				
Hydrozoa	0.02~1.70	0.3		
Stomatopoda				

Macrura	3.3 ~ 53.8	15.5	2.6 ~ 40.4	15.7
Anomura	0.2 ~ 5.1	1.6	0.5 ~ 1.9	0.8
Brachyura	1.0 ~ 61.6	15.5	5.8 ~ 7.1	4.2
Lamellibranchiata	0.1 ~ 3.6	0.9		
Gastropoda	0.4 ~ 6.6	1.8	3.0 ~ 6.6	3.2
Cephalopoda	1.0 ~ 2.8	1.3	0.4 ~ 58.1	31.2
Crinoidea			0 ~ 0.8	0.3
Echinoidea			0 ~ 3.2	1.1
Asteroidea	0.3 ~ 14.3	2.1	16.8 ~ 50.0	30.1
Ophiuroidea	0.2 ~ 7.9	1.0	0.9 ~ 2.9	1.3
Holothuroidea	1.4 ~ 81.9	36.6	0 ~ 30.4	10.1
Actinaria	0.2 ~ 5.9	1.1	0.1 ~ 5.8	2.7
Medusa	60.5 ~ 80.6	17.6		

この表のように北部漁場の底生生物としてはエビ類、カニ類、ナマコ類、クラゲ類が優勢である。エビ類は3.3~53.8% (平均15.5%) の出現率を示す。すなわち漁区によってかなり差がある。種類は移動性の強いミナミアカザ (*Nephrops thomsoni* BATE) および *Penaeus* sp. で代表される、量的には前者が著しく多い。カニ類は1.0~61.6% (平均15.5%) の出現率を示し、深い水域 (80~110m) になるほど高率に出現する。種類はエンカウガニ、シマイシガニおよびコシマガニで代表される。とくにエンカウガニは群性を示し量的に多い。ナマコ類は *Molpadia* sp. 1種である。その出現率は1.4~81.9% (平均36.6%) で漁区によって著しい差があるが、297区、296区、287区および298区 (第121図) などでは濃密な群が認められ出現率は比較的に安定している。クラゲ類は秋から冬の期間に出現する群で、これ以外の時期ではあまりみられない。このほかクモヒトデ類ではオキノテズルモズルが296区以北の水域に多生し、ヒトデ類は漁場の全域にわたって散佈的な生息状態を示す。またイカ・タコ類ではカウイカ、シリヤケイカ、スルメイカ、ケンサキイカ、マダコ、テナガダコがまれに群性を示して出現する。

南部漁場ではイカ・タコ類、ヒトデ類、エビ類、ナマコ類およびカニ類が多く生息する。イカ・タコ類ではコウイカとシリヤケイカで代表される。とりわけ前者は濃密な群性を示し多量に出現するばかりでなく、ヒトデ類は全般的に広く分布するが、とくに566区、576区、575区では群生し、多量に漁獲に現われる。エビ類では *Penaeus* sp. が優位で、576区、575区ではしばしば濃密な群が認められる。ナマコ類は北部漁場に生息しているのと同じ種 *Molpadia* sp. 1種で、566区を中心として周辺水域に拡がり、高率に漁獲に現われる。これらのほか、カニ類では、575区附近にイシガニ、ガザミ、タイワンガザミなど、また566区附近ではエンカウガニ、コシマガニ、トラフカラッパなどが多く生息している。

6. 漁獲量の変動

1) 月令による漁獲量の変動

東支那海北部漁場におけるハモの日別一網平均漁獲量 (箱数、内容重量および23kg) を求め、月令による漁獲変動をしらべたのが第122図である。この図が示すように、漁獲は小潮時およびその前後の時期に好漁獲があり、大潮時に低下する傾向がある。こうした現象は東支那海・黄海にすむクロゲチ・タチウオ・ホンニベ・カナガシラ・シログチなどにも認められる (松井と高井, 1948, '52)。

2) 昼夜別の漁獲量の差異

1948年12月から1949年12月の間、東支那海北部および南部漁場で操業したトロール船の漁獲報告によって、ハモの昼夜別漁獲率を第220表にしたがって求めると第123図となる。

すなわちほとんどの月では昼間の漁獲率が高く、夜間が低い、また薄明と薄暮時では前者での漁獲率がや

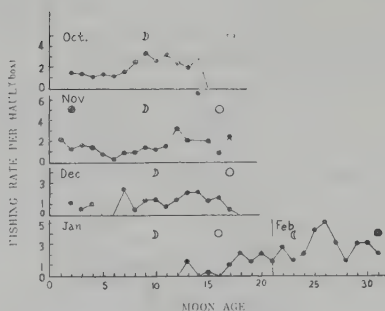


Fig. 122. Relation between the catch of *M. cinereus* and the moon age in the fishing grounds of the northern waters of the East China Sea.

や高い。こうした傾向について北部漁場での他の魚類と比較してみると（第221表）、タチウオを除いてほぼ同じような傾向のあることが認められる。

Table 220. Showing the section of drag times.

Items	Month	Feb. Mar. Apr.	May June July	Aug. Sept. Oct.	Nov. Dec. Jan.
Day break		4.00~ 9.00	3.00~ 7.00	4.00~ 9.00	5.00~ 9.00
Day light		9.00~16.00	7.00~18.00	9.00~16.00	9.00~16.00
Twilight		16.00~20.00	18.00~22.00	16.00~22.00	16.00~20.00
Night		20.00~ 4.00	22.00~ 3.00	22.00~ 4.00	20.00~ 5.00

Table 221. Variation of the fishing rate per haul of several important fishes in drag times in the northern waters of the East China Sea. DB, day break; DL, day light; TW, twilight; NI, night. Numerical letters put in parenthesis indicate number of haul.

Month	Oct.				Nov.				Dec.			
	DB	DL	TW	NI	DB	DL	TW	NI	DB	DL	TW	NI
Hama	2.78 (8)	2.25 (24)	2.00 (12)	1.83 (26)	0 (6)	2.00 (27)	0 (7)	1.75 (21)	2.25 (9)	2.68 (27)	3.00 (11)	4.18 (24)
Honnibe	1.70 (8)	2.18 (24)	4.34 (12)	1.87 (26)	1.00 (6)	2.90 (27)	0 (7)	1.71 (21)	4.70 (9)	2.50 (27)	1.50 (11)	2.80 (24)
Shiroguchi	9.10 (8)	9.80 (24)	8.30 (12)	11.27 (26)	0 (6)	32.80 (27)	0 (7)	32.80 (21)	12.20 (9)	20.30 (27)	37.50 (11)	22.40 (24)
Kuroguchi	6.67 (8)	11.50 (24)	3.50 (12)	9.30 (26)	4.26 (6)	12.12 (27)	1.60 (7)	3.25 (21)	—	—	—	—
Kiguchi	5.67 (8)	2.70 (24)	2.00 (12)	4.00 (26)	14.00 (6)	15.20 (27)	0 (7)	20.20 (21)	—	—	—	—
Tachiuo	3.00 (8)	4.00 (24)	6.00 (12)	3.00 (26)	2.41 (6)	4.32 (27)	2.00 (7)	7.64 (21)	1.40 (9)	2.00 (27)	2.00 (11)	4.30 (24)
Akai	1.00 (8)	2.75 (24)	7.00 (12)	1.66 (26)	1.00 (6)	3.00 (27)	0 (7)	1.36 (21)	1.33 (9)	1.46 (27)	0 (11)	1.25 (24)

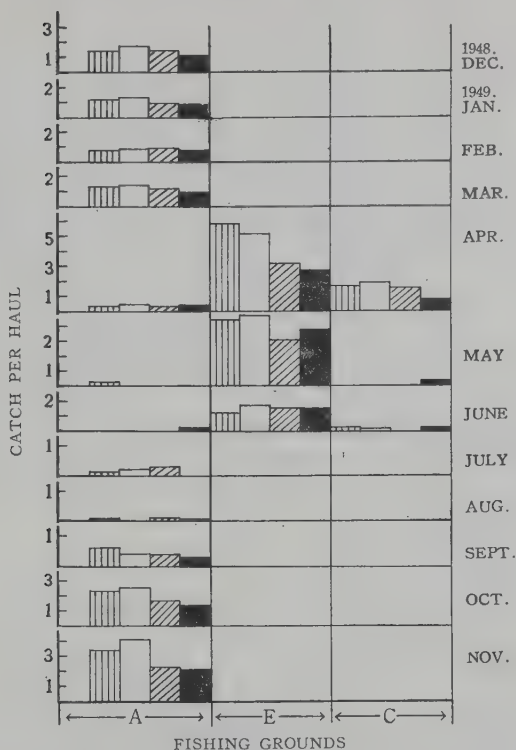


Fig. 123. Variation of the catch of *M. cinereus* by times in a day. A, northern waters of the East China Sea; E, southern waters of the East China Sea. Vertical hatched, day break; white, day light; oblique hatched, twilight; black, night.

B. マアナゴ

1. 分布

マアナゴは本邦および朝鮮沿岸に分布する種類である。本邦沿岸での採集記録をあげると、函館 (BREVOORT, 1856), 塩釜・函館・東京市場 (SNYDER, 1912), 東京市場 (MATSUURA, 1920), 富山 (宇島, 1927), 福井 (宇井, 1929), 富山 (中村, 1934), 上佐 (蒲原, 1936, '40), 福井 (小池, 1936), 横浜 (TORTONESE, 1939), 富山 (片山, 1940), 東支那海・黄海 (川上, 1949; 片山と高井, 1950), 朝鮮での採集記録はJORAN と METZ (1913), MORI (1928), MORI と UCHIDA (1934) などがある。

著者の調査では、東支那海では北緯 30° 以南の陸棚水域にはいないようである。また本邦の太平洋沿岸では室蘭近海 (噴火湾) が分布の北限と考えられ、南限は南西諸島の南部のようである。

2. 瀬戸内海における漁獲量

水産統計資料 (1953) によると、沿岸各府県におけるマアナゴの月別漁獲量は第 222 表の通りで、およそ夏の期間 (6~8 月) に少なく、秋から冬の期間 (9 月~3 月) に多い。そして広島県の漁獲状態は年間を通じて比較的安定している。

さらに、著者による平生湾での採捕試験の結果は、第 124 図に示したように内海全般の月別漁獲変動と相似し、漁獲率は秋から冬の期間が高く、夏には低い傾向が著しい。

Table 222. Monthly variation of the amount of catch of *C. myriaster* in several prefectures faced to the Inland Sea of Japan. Unit: kan (3.75 kg).

Pref.	Month	Apr.	May.	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Osaka			2116	2804	2223	965	118	4399	8357	5456	2999	2250	3813
Hyogo		2392	3982	3177	2234	3283	14427	15788	6527	16556	8272	10049	7784
Okayama			1866	99	1729	1929	3394	6652	5705	6178	4540	2724	3567
Hiroshima		16632	11289	5664	4938	6535	6947	6960	9177	13390	9523	9375	9774
Yamaguchi				1752	1104	782	2395	2465	2775	4579	4219	2517	2141
Ōita				366	388	65	21	300	218	94	131	320	283
Ehime					1028	815	1057	2938	4975	4077	3127	3212	2761
Tokushima			5664				1744	456	437	219	5		20
Kagawa		3504	3438	3187	2277	1867	6125	8775	6384	39455	6281	5767	7290

しかし、以上の結果に反し、光市宅積漁業組合の水揚量の月別変化は、1952年では第125図のように、夏に好漁獲があり、秋から冬にかけて少ない。これは局部的であるが、小型底曳網によって沖合（30～60m）水域での漁撈結果である点が注目される。

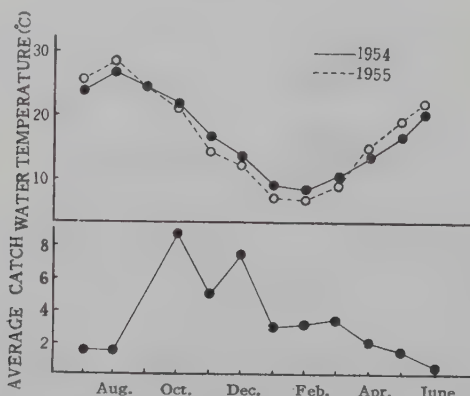


Fig. 124. Monthly variation of the average catch per trap of *C. myriaster*, and water temperature in each fishing season in Hirao Bay of the central waters of Suō-nada. Note: unit; number of fish.

以上の結果から、全般的に秋の接岸時期が盛漁期となること、また夏は比較的沖合に広く分布していることなどがわかる。

周防灘産のハモは前述したように、5月すなわち産卵期の4～5カ月前の時期に、未成魚を含む濃密群がごく沿岸に接近し、活発な索餌行動を行い、その後、成魚群はしだいに離岸して沖合の産卵場に移るが、マアナゴも類似の習性があるように推察される。



Fig. 125. Monthly variation of the amount of catch of *C. myriaster* in the central waters of Suō-nada. Roman numerals show the month: II, Feb.; IV, Apr.; VI, June; VIII, Aug.; X, Oct.; XII, Dec., Arabic numerals show the amount of catch; unit, Kan (3.75 kg).
 □, 1956; ■, '57; ///, '58

摘 要

1. ハモおよびマアナゴの分布、漁場ならびに漁獲に関する調査を行った。
2. 東支那海の北部および南部漁場におけるハモの漁獲率は第208表と第209表の通りである。すなわち両漁場ともハモの漁獲量は全体の5～8%を占める。
3. 底水温と漁獲率との関係は、第212表と第213表の通りで、漁獲適温は北部漁場では15.0～20.5°C、南部漁場では14.0～21.0°Cの範囲にそれぞれ示された。そしてハモはクログチ、シログチ、ホンニベおよびタチウオなどより低水温の範囲に、キグチおよびカナガシラよりやや高い水温範囲で好漁獲が認められる。
4. 漁獲水深は30～120 mで、とくに秋から冬の期間は65～90 mに、春から初夏の期間は50～70 mにそれぞれ漁獲適深が示される。そして前者の期間ではクログチやシログチに比して浅所に、ホンニベとはほぼ同じ水深範囲に、またキグチとカナガシラよりも深いところに魚群の重心があるようにみられる。
5. 北部漁場における底生生物はエビ類、カニ類、ナマコ類、南部漁場ではエビ類、イカ・タコ類、ヒトデ類などがそれぞれ優勢である。
6. ハモの漁獲の変動をみると、月令による周期性が認められ、小潮時に安定した漁獲がある。
7. 昼夜別の漁獲率は、昼間が高く、夜間低い。また薄明と薄暮時では前者における方が高い。
8. マアナゴの盛漁期は9月から12月の接岸来遊期にみられる。

第九章 生活史に関する比較的考察

Chapter IX. Comparison of the life history of three important apodal fishes

ま え が き

第一章から第八章までの知見にもとづいて、ハモとマアナゴの生活史に関する重要点を要約し、かつこれに考察を加え、さらにウナギ類の生活史に関する既往の業績を引用して、3者の生活史を比較した。

1. 産 卵

ハモの産卵水域は、周防灘に生息するものでは中部水域の水深40~50mの泥・砂泥底の広い範囲であり、産卵はその底層で行われ、そして放卵は完熟卵巣内の全卵が一緒に発達していることおよび放卵中の親魚の排卵状態から一時に行われることが確められた。東支那海産ハモでは台州を中心として農林漁区(第121図)577区からバーレンにわたる広い大陸沿岸の水域で、九州西海岸水域に生息するものではその沿岸水域で(西海区水産研究所, 1955), また紀伊水道産のハモでは徳島県以南の水域で(多々良, 1952), それぞれ産卵することが明らかにされている。以上のようにハモの産卵は沿岸の浅海水域で行われ、しかも産卵場は各所にあることが注目される。

ウナギの産卵は, SCHMIDT (1906, '09, '33), DELSMAN (1927, '29), EGE (1939), JESPERSEN (1942) および松井 (1952, '57) などによると、共通して暖海の、しかも水深2000m以上の深海の中層で行われるようである。すなわちヨーロッパ産・アメリカ産ウナギでは北緯22~23°, 東経48~65°の Sargasso Sea で、表面下400m, 水温15~17°C, 塩分量35~37%のところであるという。また印度洋および南太平洋産数種はメンタソイ海溝で産卵する(SCHMIDT, 1933; JESPERSEN, 1942) ことが報告され、日本産ウナギでは北緯30°以南, 20°以北の深海水域で産卵するだろうと推定(SCHMIDT, 1933; 松井, 1952) されている。

マアナゴでは完熟卵を魚体が全く沿岸でみられないこと、半熟あるいは成熟に達した魚体の出現水域で、受精卵・初期仔魚などが全く採集されないこと、沿岸における仔魚の状態が大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* (SCHMIDT, 1911, '12) によく相似することなどから、暖海水系の深海水域で行われると考え、さらにウナギと比較して初期の仔魚が沿岸に群をなして来遊すること、変態期間が短いことなどから、産卵場はウナギのように遠距離のところではなく、深海部が沿岸に接した暖海水域であり、しかも日本産ウナギの本邦および朝鮮沿岸における分布とよく相似し、分布と海流の関係がきわめて密接であると思われることから、産卵場は特定の場所であり、南西諸島の広い深海水域を有力な産卵場と推定した。

2. 受 精 卵

周防灘におけるハモの産卵場の潮流はきわめて複雑で、豊予海峡から流入した潮潮流は2つに分かれ、産卵水域では初潮時、東から西に流れ、しだいに南方に偏し、最干時は北から豊予海峡に向って流れる。したがって産出されたハモの卵は潮流によって広い範囲に運ばれ、この間に発生が進み孵出すると考えられる。人工受精によると卵は水温20~22°Cでおよそ63時間で孵化するから、自然でも(産卵場の底水温は19.0~23.5°C) ははこの時間で孵化すると思われる。そして著者は産卵水域およびその周辺水域で垂直曳網によって孵化直前の卵を採集したことから、卵は半浮性卵であることを確認した。

ウナギの産出卵については GRASSI (1919) や SCHMIDT (1909, '25) の研究があるが、未だ確認されていない。GRASSI (1919) によると400~500mの層で卵は受精し、そこで発生が行われ、孵化するとし、SCHMIDT (1925) は海洋調査によって得られた多くのウナギ目魚類の卵がいずれも表面近くには存在しなかった事実および油球の状態から、卵は400~500mの層で浮漂状態にあることは確かであると述べている。

マアナゴの卵も分離浮性卵であることは、成熟期の卵巣内卵の状態、とくに多くの油球をもつこと、全卵が一緒に発達していることおよびそれらがハモの卵巣卵に相似することなどから推定できる。EIGENMANN (1902) は Tile-fish の漁場でマアナゴによく似た卵を採集し、西大西洋産アナゴ類の卵は半浮性卵で

あるとし、また CUNNINGHAM (1891) は大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* の卵は半浮性卵と推定している。

3. 仔魚および稚魚

ハモの仔魚および稚魚について内田 (1932) は、レプトセハルスより変態する時期は8月下旬～10月、変態前の最大体長は100～115 mm、水温20°C前後でおよそ15日間でほとんど変態を完了し、74 mmぐらいの小さいハモになり、変態途中まだ色のつかない頃に成魚の習性が現われることを報告している。周防灘中部水域で著者がしらべたところでは、10月に9.45 mm、10月に47.0～49.5 mm、12月に63.5～66.0 mmの伸長期仔魚をそれぞれ沿岸の中層で採集した。すなわち内田 (1932) の記載からすると産卵後1～2カ月で変態完了までに成長する。しかし著者の観察から推すとはばマアナゴと同じように春ごろとなる。ところで周防灘中部水域は産卵場に近接しているにもかかわらず仔魚の出現はきわめて少ない。これは、仔魚の多くが四方の周防灘西部水域、東方の安芸灘・燈灘・備後灘の水域、南方の豊後水道水域で成長をつづけているのではないかと考える。

アメリカ産ウナギの仔魚は、2月に7～8 mm、6月には30～35 mm、9月には50～55 mm、12月にはすでに仔魚期の最大体長60～65 mmに達し、冬期間に変態を完了し、3月～5月頃55～59 mmに成長して浜河することを、また春から夏にかけて孵化したヨーロッパ産ウナギの仔魚は、産卵場の表面から100～300 mの層の一帯に拡がって生息し、その後も海流による浮漂生活をつづけ、翌年の6月には53 mm、さらにその翌年の6月には大陸棚に近づき、最大体長75 mmに達し、変態期を経て沿岸水帯を横切り、翌年の3月から目的とする淡水に入って体長は65 mmに縮小し、しだいに未成魚 (young eel) に成長することを SCHMIDT (1925) が明らかにしている。そしてこの間、仔魚期には microplankton をとって成長するが、変態期は捕食を止め、稚魚期の最小体長に達する直前の发育段階において再び捕食することを彼は観察した。

秋、周防灘沿岸に來遊したマアナゴの伸長期仔魚は、すでに中・後期に成長し、潮流に対する受動的な浮漂生活を脱し、多くは沿岸の湾入部や島の周辺に形成された渦動水域に群生している。さらに半稚魚期に入ると底生魚類としての習性を現わし、沿岸の礫底や岩礁周辺水域の藻場地域で変態を完了し、泥質の添底水域に移動するようである。変態完了の盛期とみられる時期は4月下旬～5月上旬で、変態に要する日数はおよそ20日である。ところで孵化から変態期の最末期、すなわち変態を完了するまでの期間ははっきりしないが、主産卵期が春から夏と考えられることからおよそ10カ月を要するに思われる。CUNNINGHAM (1891) によると大西洋産アナゴの受精卵はその後期には海流によって産卵場から運び出され、ごく沿岸水域に到達するまで漂流状態を継続する。すなわち仔魚はヨーロッパ産ウナギのそれよりもさらに沿岸近くに達し、生息水深はその長さ (体長) のためにそれほど深所ではないとし、また沿岸に到達するとともなく最大体長12.0 cmから7.5 cmに大きく縮対し、変態期を脱することを報告しているが、マアナゴはこれとよく似ている。この間におけるマアナゴの捕食は、伸長期の後期仔魚・変態期の仔魚および稚魚いずれも消化管内に内容物が認められない。しかし変態直前から捕食が始まり、端脚類、其の他の底生甲殻類および多毛類などを飽食する。こうした事実からマアナゴもウナギ (SCHMIDT, 1909) と同じように伸長期の初・中期は海水の微小な浮遊生物を捕食して浮漂生活を脱するに思われる。

以上のことからウナギ類3種とハモ・マアナゴの仔魚および稚魚期における成長傾向を比較してみると第126図となる。

4. 未成魚と成魚

吉田裕博士の御教示によると、南鮮海岸では、夏に一時潟や沿岸の浅所で10～15 cmのハモが生息するのがみられるようであるが、周防灘水域ではこの時期および秋・冬の期間にその年変態したと思われる初期の未成魚が沿岸で生息するのを観察していない。したがって初期未成魚の生活状態についてはわからない。5月から9月の間、主として周防灘西部水域では28.9～40.0 cmに成長した未成魚が、小型底曳網や打瀬網で漁獲されるが、これらは満2年魚である。これらの未成魚はエビ類、カニ類、魚類、イカ・タコ類などを捕

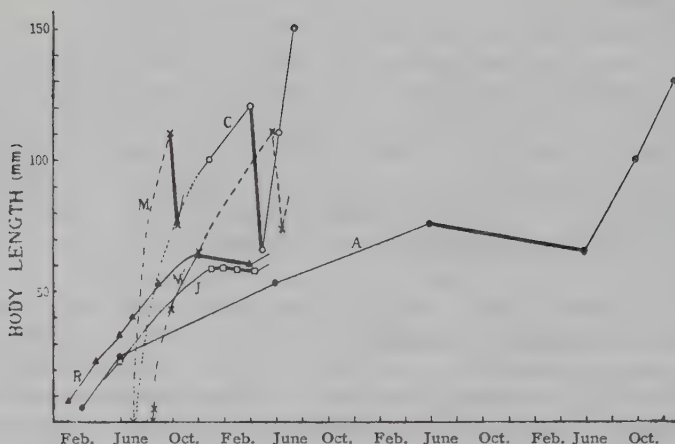


Fig. 126. The growth curve of the five species of apodal fishes during the larval and metamorphosis stages. A, *Anguilla anguilla*, after BERTIN (1956); C, *Conger myriaster*; J, *Anguilla japonica*, after MATSUI (1952); M, *Muraenesox cinereus*, after UCHIDA (1932); M, *Muraenesox cinereus*; R, *Anguilla rostrata*, after SCHMIDT (1925). Parts of the thickened line show the period of metamorphosis. Parts of the broken line show assumed growth by author.

食して成長をつづける。そして雄では早いもので満3年、雌は満4年で産卵群に添加するようである。すなわち5月頃豊後水道から入り込んだ成魚の群はごく沿岸の浅海水域で捕食生活をつづけ、産卵期が近づくと同防灘の中部水域に移動して産卵する。そしてこの間、生殖腺が成熟すると捕食をやめる。10月以降、翌年の4月終りまでこの水域では漁獲は激減し、夏のそれに比較すると全く空虚の状態となる。もし、この時期に泥中に潜入するとすれば、冬期間操業する多くの桁網や小型底曳網に漁獲される筈であるが、ごく稀れに漁獲される程度で、皆無に近い。したがって産卵を終った成魚や未成魚の群は再び豊予海峡を通過して日向灘域に移動するものと考えられる。こうした回游の傾向は紀伊水道産ハモでも（多々良, 1952）、また東支那海・黄海に生息するハモでも（笠原, 1948；川上ら, 1949；西海区水産研究所, 1955）同じように認められる。ハモの産卵回数は高年魚の耳石や椎体に現われる産卵記号から、ウナギと異なり、老衰に至るまで毎年産卵するようである。そしてハモの寿命はおよそ10年前後と思われる。MEEK (1916) によると、淡水に入ったヨーロッパ産ウナギの稚魚群はその上流まで派上し、小川や池、湖などに生息して、夜間活発な索餌行動を行い、魚類・魚卵・昆虫の幼生・ザリガニ・蛙・水鼠・水鳥などの動物や水生植物をも捕食して生活をつづけるが、冬期間は水温低下のため休眠するようである。PETERSEN (1906) によると、淡水に入ってから雄は5年半（体長29 cm以上）、大多数は6年半から8年半、雌は7年半（体長42 cm以上）、大多数は8年半から9年半で成熟して産卵回游に移るとし、また、HORNYOLD (1931) は、雄は8～14年（体長24～51 cm）、雌は10～18年（体長37～100 cm）でそれぞれ成熟し、秋から初冬にかけて降河しはじめることを明らかにした。spawning change は海に入ってから急激に発達し（CALANDRUCCIO, 1919；TÖRLITZ, 1922；EHRENBAUM, 1928；D'ANCONA, 1927）、また回游速度を増し（MEEK, 1916）、夜間は表面下2・3呎のところを、昼間は深い層を産卵場に向って游泳しつづける（PETERSEN, 1906）ようである。産卵

を終えた親魚については全く謎とされているが、親魚が Sargasso Sea からヨーロッパ水域に再び回帰するとは考えられず、親魚は生殖本能を遂げたあと斃死するかあるいは深海で生活をつづけるかいずれかであろう (PETERSEN, 1896) とし、栄養摂取器官の退縮、上皮細胞、筋肉および腺組織の退化、肛門の閉塞がみられる (SCHNAKENBEK, 1934; BERNDT, 1938) ことから、大西洋産アナゴにおけるいわゆる “rubber conger” の状態 (CUNNINGHAM, 1891; PÉRAD, 1930) で多くは死亡するだろう (BERTIN, 1956) と推察されている。

マアナゴの稚魚はおよそ10日間で初期未成魚となり、ごく浅い (1~15m) 水域に生息する。この時期のものは小型の底生甲殻類や多毛類などを捕食して发育をつづけ、7・8月頃には10~15cmに成長し、夜間エビ漕ぎ網や地曳網などに羅網するようになる。さらに秋には20cm前後に成長して沿岸で群泳し、ことに薄暮から夜半にかけて活発な索餌行動を行なう。周防灘中部水域のマアナゴの年令的分布をみると、10m以浅の内湾水域では2年魚がもっとも多く、10m以深の島の周辺水域 (10~30m) および沖合 (30~60m) の水域では2年魚・3年魚が高率に漁獲に現われる。さらに5年魚から7年魚の高年群は10~30mの島の周辺水域に多い。東支那海北部水域、日向灘水域、土佐湾水域などでの操業水深と漁獲との関係をあわせると、マアナゴの漁獲水深は1~100mにわたる。周防灘中部水域での漁獲状態からみると、3年以下の若年群では季節的な接岸および離岸移動が認められるが、それ以上の高年魚群は定着性である。すなわち若年魚群は春から夏は沖合水域で、秋から冬の期間浅い沿岸水域で生活する。成体に達する年数は、雌雄とも満4年、早生のもので満3年であるが、産卵群への添加については明かでない。耳石に現われる輪紋は、ハモにみられるような産卵記号は認められず、一生のうちに産卵が多回にわたるかどうか多くの疑問がある。寿命も

また不明であるが、最大全長は105.6cm (体重3.11kg) に達するものがあり、ハモやウナギ類と同じように10年以上におよぶようである。CUNNINGHAM (1891) によると大西洋産アナゴ *Conger vulgaris* では生殖腺が発達すると親魚は極度に衰弱し、骨骼や皮膚組織は著しく退化的となり、とくに骨骼は石灰質が除かれ、柔かいチーズ状になり、皮膚は潰瘍を生じ、目は衰え、ついには盲目になることから、産卵後は死亡す

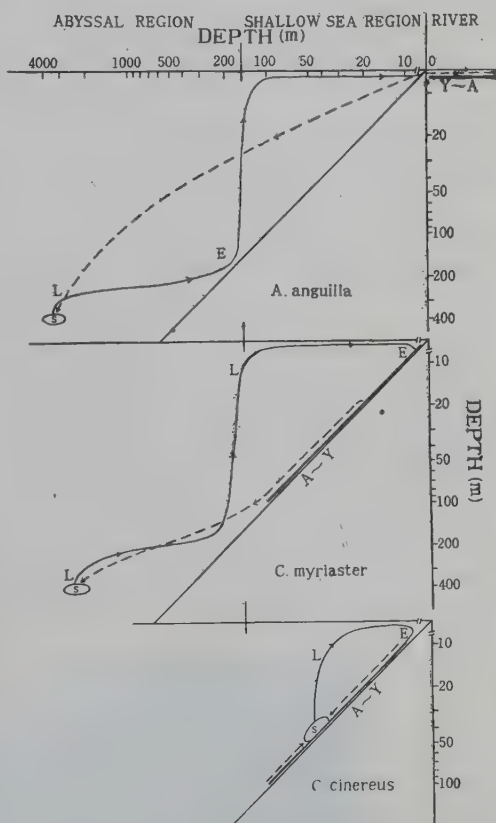


Fig. 127. Outline of the vertical life cycle of the three species of apodal fishes, *Anguilla anguilla* (after SCHMIDT, 1925), *C. myriaster* and *M. cinereus*. A, adult; E, elver; L, larva; S, spawning ground; Y, young. The broken line show the spawning migration.

るだろうとし、したがってこの種の回遊は実際には、初期における無抵抗の漂流と、そして数年後成熟によって起る回帰回遊で、他は沿岸における発育期間における小移動があるにすぎないという。マアナゴはこの *Conger vulgaris* と生殖腺の状態や沿岸にすむもので産卵記号のないことなどよく似ており、おそらく2つの大きな回遊を終えてその生活をおわると考える。

以上の知見と考察結果にもとづいて、ヨーロッパ産ウナギと周防灘産ハモおよびマアナゴの垂直的な生活環の概要を作図し、比較してみると第127図のようである。すなわち3者間の生活環はウナギがもっとも大きく、ハモがもっとも小さい。

第三篇 養成(マアナゴ)に関する研究

Part III. Culture of the conger eel

第一章 仔魚および稚魚

Chapter I. Larva and elver

まえがき

本邦の養鰻事業における種苗は、すでに1950年頃から半稚魚期または稚魚期のものが注目され、それらの集約的養成法に関する基礎的研究が徳久(1917), 雨宮(1922), 岸野(1932, '33), 中井ら(1936), 松井(1937), 稲葉と山本(1938)などによってなされた。

著者は1954年, 周防灘中部水域に出現するレプトセファルスの大部分がマアナゴの仔魚であることを確かめ, 成長にともなう形態の変化, 成長度, 食性, 生息場所および漁獲量などについて追求するとともに, 仔魚および稚魚の集約的養成方法に関する2, 3の問題点について検討した。

実験の材料および方法

低水温に対する抵抗力に関する実験では, 伸長期の仔魚(全長10.1cm), 半仔魚期の仔魚(全長10.2cm), 変態末期の稚魚(全長7.1cm)をそれぞれ容量6ℓのガラス製水槽に収容し, これを冷凍室に搬入して徐々に水温を低下させ, 狂奔, 仮死に至るまでの鰓蓋搏動数の変化, 遊泳状態および仮死水温などを追求した。

飼育実験では, イワシ船曳網で漁獲された仔魚を田名臨海実験実験場の水槽(第128図)に収容し, 斃死率, 変態および習性などについて観察した。なお, 室内水槽は大型水槽(2.00×0.57×0.60m)および木製水槽(3.00×0.30×0.26m)を使用し, 前者には底層に厚さ10cmの砂, 後者には1m毎に礫(小石), 砂, 泥をそれぞれおよそ5cmの厚さに敷き, 大小の石とカキ殻を投入して隠れ場とし, 毎分約8ℓの海水を直接海から導入して循環させた。また捕食状態の観察にはガラス製バット3箇を用いた。



Fig. 128. Aquarium.

実 験 結 果

1. 水温低下に対する抵抗力

実験結果を第223表と第129図に示した。すなわち伸長期の仔魚では6.0°Cでやや常態を脱し、2.5°Cで狂奔、痙攣を経てまもなく仮死状態に入った。半仔魚期の仔魚では4.0°Cで常態を脱し、尾部を巻き、時々平衡状態を失って横臥し、1.8°Cで狂奔状態となり、およそ30分後に仮死に達した。また変態末期の稚魚では3.0°Cで常態を脱し、0.5°Cで仮死に至った。以上の3者を比較すると、成長段階の低い伸長期の仔魚は低水温に対して弱いが、変態期の末期に成長したものではかなり強くなる。ことに伸長期の仔魚は嚴寒期、6.0~3.0°Cに水温が低下する川川や湾奥部の水域では全く漁獲がみられないことから、沿岸水温の分布状態と仔魚の生息場所とは密接な関係があること、仔魚を種苗とするばあい、冬の池中水温が4.0°C以下に降下するような養成池での飼育は不適であることなどがわかる。

山本(1938)によると、ウナギのシラス期稚魚の水温低下に対する抵抗力は、徐々に水温を降下したばあい、0.8°Cでも耐える。すなわちマアナゴの稚魚もウナギのそれとほぼ同じような抵抗力をもっている。

Table 223. Tolerance of the larva and elver of *C. myriaster* in the lowering temperature. Note: Exp. 1, development stage (10.1 cm in total length); Exp. 2, semi-larval stage (10.2 cm in total length); Exp. 3, semi-elver stage (7.1 cm in total length).

Experiment 1.				
Water temp. of container (°C)	Time (minutes)	Variation of water temp. (°C)	Counts of opercular pulsation	Observation
11.0	0	—	54.0	normal
10.0	5	1.0	48.0	"
9.0	5	1.0	44.5	rest on bottom
8.0	12	1.0	40.0	lie on bottom, sometimes swimming
7.0	12	1.0	34.0	"
6.0	19	1.0	30.0	lie on bottom
5.0	31	1.0	24.0	abnormal swimming in the middle layer
4.0	18	1.0	12.0	mouth open, abnormal swimming in the surface layer
3.0	5	1.0	—	lie on bottom, slight convulsions
2.5	3	0.5	—	rush about swimming, convulsions and synoptic state (4 hours from reception)
Experiment 2.				
11.5	0	—	42.5	normal
10.0	10	1.5	42.0	"
9.0	14	1.0	38.0	rest on bottom
8.0	10	1.0	32.5	sometimes move the tail
7.0	11	1.0	29.5	"
6.0	13	1.0	21.5	"
5.0	15	1.0	18.5	"
4.0	15	1.0	17.5	roll the tail, sometimes swimming
2.8	15	1.2	16.0	rest on bottom, slightly move tail
2.5	28	0.3	15.5	rest on bottom
1.8	20	0.7	—	mouth open, rush about swimming, convulsions and synoptic state (3 hours 13 mins. from reception)

Experiment 3.

12.0	0	—	48.0	normal
10.8	5	1.2	38.5	normal swimming at bottom
9.8	10	1.0	30.0	rest on bottom, tail move
9.0	10	0.8	24.0	//
8.0	20	1.0	18.0	//
6.0	27	2.0	15.0	rest, sometimes swimming
5.0	25	1.0	13.5	//
4.0	30	1.0	12.0	//
3.0	30	1.0	10.0	lie on bottom, sometimes abnormal swimming
2.0	5	1.0	—	//
1.0	13	1.0	—	lose the balance of swimming
0.5	22	0.5	—	rush about swimming, convulsions, and syncoptic state (4 hours from reception)

2. 仔魚の採捕

春の期間にカタクチイワシ、イカナゴおよびサヨリなどを目的として操業する船曳網に入網する仔魚が、養成用種苗としてどの程度得られるかについて検討した。その結果、船曳網の目的とする魚種がきわめて多量に漁獲され、それに仔魚がわずかにまじっている程度に漁獲されたばあい、それらの仔魚は斃死率が高い。とくに腹部の消化管が切断あるいは損傷を受けたり、体の表皮が破れて内部の体液が流出して斃死したもの、および窒息死したものが多く、種苗として残る完全な個体は僅少である。窒息死はクラゲが多量に入網したばあいにも起る。しかしこのようなばあいでも、取揚時に優先的に仔魚を選別採捕することにより、かなり種苗として適当な仔魚が得られた。

漁獲対象魚種が比較的少ない状態で、仔魚が入網するばあいは、良好な歩留りで種苗としての仔魚を得ることができた。

1例として1957年4月15日にG漁場(第111図)で漁獲された仔魚群のうちから無作為に941尾を飼育水槽に収容し、減耗率 $*$ を求めた結果を第224表に掲げた。すなわち全体の斃死率は40.9%(385尾)である。これらの斃死魚はほとんど漁獲操作によって損傷を受けたもので、このような仔魚は回復するものが少なく、しだいに活力を失って斃死する。比較的長時間生存した個体でもその发育は健全なものに比して著しく遅れる。

しかし、伸長期の後期以後の仔魚や稚魚は同時に入網するカタクチイワシや他の魚に比して外的刺激に対する抵抗力、耐空性が強い。

以上の結果からみて、採苗はカタクチイワシやイカナゴなどの漁獲に併行して行なうことで十分目的を果し得るが、より効果的な採苗はとくに取揚時、一次的な摘出方法を講ずることが適当と思われる。

$*$ 松井(1952)により $N = (n_0 - n_1) / N_0$ を求めた。ただし、 n_0 は収容時の尾数、 n_1 は変態完了時の残存尾数を示す。

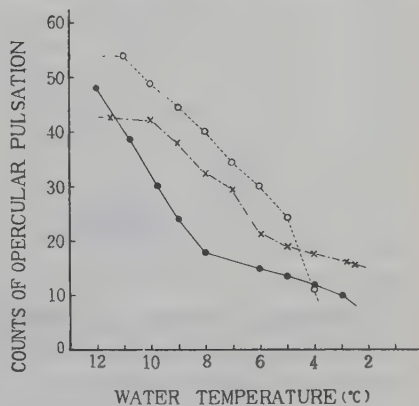


Fig. 129. Relation between the water temperature and counts of opercular pulsation. circle, developing stage; cross, semi-larval stage; dot, semi-elver stage.

Table 224. Showing the decreasing rate of the leptocephalus of *C. myriaster*, the larvae were taken by anchovy drag-net. No., number of specimens. Mean is parenthesized.

Date	Dead fish				Survivorship	Sea water temp.	Aquarium		Process of growth
	No.	Percent-age	Body length (cm)	Body weight (g)			Water temp.	Specific gravity (σ_{15})	
Apr.15,1957	35	3.72	9.30~11.80 (10.64)	0.90~2.30 (1.54)	906	12.20	11.10	24.73	Early metamorphosis stage
16	143	15.20	8.60~12.30 (10.04)	0.75~2.30 (1.32)	763	12.30	12.00	25.08	
17	59	6.27			704	12.30	12.00	25.28	
18	22	2.62			682	13.00	13.00	24.35	
19	14	1.42	9.00~12.15 (10.79)	1.10~2.10 (1.44)	668	13.00	13.50	25.54	
20	5	0.53	9.90~12.50 (10.75)	0.90~2.25 (1.47)	636	16.70	14.60	15.95	Semi-elver stage
21	4	0.43			659	15.20	14.50	11.93	
23	32	3.40			627	17.00	16.00	15.75	
24	7	0.74			620	19.00	15.00	19.20	
25	3	0.32			617			20.00	
26	26	2.76			591	17.00	16.80	15.82	
27	12	1.28			579	16.00	15.20	21.24	
28	13	1.38	8.80~10.60 (9.62)	0.80~1.60 (1.22)	566	15.60	15.00	23.50	
29	5	0.53			561	14.00	14.00	23.82	
30	5	0.53			556	15.00	15.00	24.20	
Total	385	Decreasing rate 40.91%			Survival rate 59.09%				

3. 変態期の経過とこの時期の仔魚および稚魚の養成

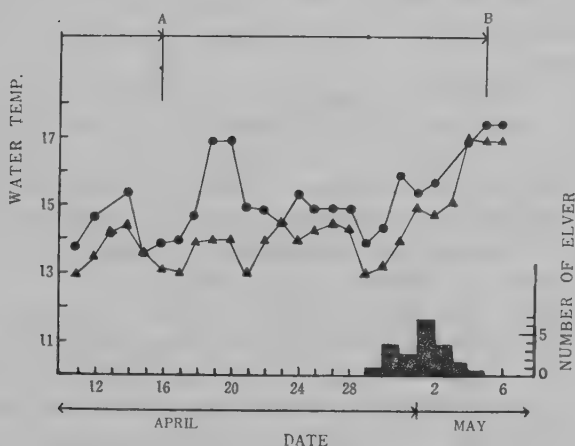
1955年4月10日、田名臨海実験場沖の馬島南岸で採捕した仔魚(235尾)のうち、伸長期の最末期に達したものの20尾を供試し、変態完了までの期間をしらべたのが第130図、変態完了と同時に取りあげて固定(ホルマリン液)し、全長、体重および肥満度を測定した結果が第225表である。また、4月10日に固定した伸長期の最末期仔魚の測定結果を第226表に示した。この時期の漁場水温は14.5°C前後で、水槽水温は最高17.0°C、最低13.0°C、普通14.0°Cで、自然の環境との差はない。最初に変態を完了した稚魚は放養後19日、最後に変態を完了した稚魚は放養後25日で、もっとも高率に変態完了をしたのは放養後22日である。また1957年4月15日に採集し、成長試験に供試したもの(941尾)のなかから10尾づつ固定し、体の縮小、減重および変態完了日数を求めた結果を第227表に示した。すなわち上記実験とはほぼ一致した傾向を認めた。

Table 225. Measurements of total length, body weight and fatness of *C. myriaster* at the time of metamorphosis. Number of specimens was put in parenthesis.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Total length (cm)	7.69~8.65 (20)	7.88±0.003	0.22±0.002	2.79±0.30
Body weight (g)	0.55~0.84 (20)	0.63±0.001	0.01±0.001	1.59±0.17
Fatness ($\frac{W}{TL^3} \times 1000$)	1.06~1.74 (20)	1.25±0.02	0.16±0.02	12.80±15.2

Table 226. Measurements of total length and body weight of larvae at the last developing stage of *C. myriaster*. Numerals put in parenthesis, number of specimens examined.

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Total length (cm)	11.02~12.21 (20)	11.36±0.05	0.34±0.04	2.99±0.32
Body weight (g)	1.25~ 1.70 (20)	1.42±0.02	0.12±0.01	8.45±0.96

Fig. 130. Metamorphose period of *C. myriaster* in aquarium. A, all grow into early metamorphosis stage; B, all grow into elver stage; dot, water temperature (°C) in aquarium; triangle, water temperature (°C) in fishing ground.Table 227. Measurements total length and body weight at the metamorphosis stage of *C. myriaster*.

Date	Total length (cm)			Body weight (g)			Reference	
	Range	Mean	Standard deviation	Range	Mean	Standard deviation	Stage	Water temp. (C°)
Apr. 15	10.40~11.80 (10)	11.14±0.09	0.43±0.07	1.90~2.40	2.13±0.02	0.08±0.01	Semi-larva	14.1~17.3
20	9.90~11.40 (10)	10.82±0.03	0.16±0.03	1.10~2.20	1.56±0.01	0.45±0.01	"	
25	8.40~ 9.20 (10)	8.68±0.05	0.24±0.03	1.10~1.25	1.06±0.02	0.08±0.01	Semi-elver	
30	7.60~ 8.35 (10)	7.81±0.07	0.36±0.05	0.80~1.05	0.83±0.02	0.08±0.01	"	
May 7	7.20~ 7.90 (7)	7.67±0.06	0.31±0.03	0.55~0.75	0.64±0.02	0.06±0.01	elver	

以上のように、上記の水温環境で伸長期の最末期から変態を完了して稚魚になるまでの所要日数および体の縮小率は内田 (1932) の記載とよく一致する。

仔魚を変態完了まで飼育するに要する水槽の大きさおよび施設を、上記実験で用いた水槽の大きさと放養

尾数から検討すると、水深 20 cm、幅 30 cm および長さ 300 cm の水槽におよそ毎分 8 ℓ の海水を循環すればおよそ 1,000 尾を収容することができる。この時期の仔魚は、水槽内では静止的で、多くは水槽の暗部に集合し、静かに蛇行運動を繰返している。水槽内での平面的な分布状態は注水口のある前半部に多く、排水口のある後半部には少ない。したがって特別に遮蔽物を設ける必要はないようであるが、変態を完了すると遮蔽物または底層の隙の隙に隠れる習性が強く現われるので、変態後引き続き同じ水槽を用いて餌付けするばあいは、予め底層に隙を敷き、あるいは石、カキ殻などを使って隠れ場を設置しておくとうい。

この間、餌を与える必要がないことはすでに述べた（生態、第二章、食性）通りであるが、これは稚魚になる直前まで捕食しないからである。しかし、半稚魚期のおわり、つまり変態期の最末期では、比較的大型の多毛類、端脚類、大型の浮游性甲殻類を好んで摂餌するようになるから、5～10%（放養魚総重量に対する餌量の割合）の投餌が必要である。

4. 稚魚の成長と養成

ウナギ目魚類の稚魚の成長については、日本産ウナギで徳久（1913）、丸川（1916）、中井と松井（1936）、稲葉と山本（1938）および松井（1952）らが、ヨーロッパ産ウナギでは GILSON（1908）、SCHMIDT（1909、'12）、STRUBBERG（1913）、GRASSI（1913）らの報告がある。しかしアナゴ類についてはこうした業績がない。松井（1952）は河川に浜上するシラス期稚魚の月別平均体長および SCHMIDT（1925）や内田（1935）の業績を参照して成長度を求めたが、マアナゴの稚魚はすでに述べたように変態後の採捕が困難であり、また産卵期が比較的長期にわたることなどから時期別体長組成によって成長度を求めることははなはだ困難である。したがって、水槽飼育による個体的観察によって第131図を求めた。

第131図の供試魚は1956年4月17日に採集し、4月24日に変態を完了し、平均全長 7.1mm（対象群）に縮小した稚魚である。この時期の稚魚は背部正中線の両側に幅広い淡緑色の縦帯が現われ、頭部および体側には黒色素がかなり発生しているが、まだ全体的に淡く、内部の鰓・心臓・肝臓・消化管の位置が外部から認められる。ことに尾部の背鰭や臀鰭の縁辺にはまだ黒色素が現われず、したがって斑紋・色彩などにおいてなお未成魚・成魚と著しく異っている。変態後4日目の稚魚を取りあげて固定し全長・体重を測定したのが第228表である。

Table 228. Measurements of total length and body weight of *C. myriaster*, four days after metamorphosed (April 27, 1956).

Items	Range	Mean value	Standard deviation	Coefficient of variation
Total length (cm)	7.90~9.80 (6)	8.11±0.18	0.66±0.13	7.85±1.53
Body weight (g)	0.60~1.20 (6)	0.85±0.05	0.19±0.03	23.75±4.63
Fatness ($\frac{W}{TL^3} \times 1000$)	1.10~1.42 (6)	1.26±0.003	0.01±0.001	0.79±0.16

この時期の稚魚は、若間底層の隙の隙にカキ殻の下に隠れ、薄暮から夜間にかけて水槽内を遊泳し、活発な索餌行動を行う。10日後に平均全長 8.2 cm に成長し、背部の黒色縦帯は一層濃くなり、尾部の背鰭と臀鰭の縁辺は黒色が著しく、全体が黒くなり、しだいに成魚の色調に近くなる。以後は成魚と色彩において異なる点がなくなる。

内田（1932）の魚類の発育および成長区分の定義、とくに色彩にもとづいて考察すると、およそこの時期までを本種では稚魚期（young stage）と考えるのが至当のように思われる。したがって本種の初期の成長は変態期がおよそ20日、さらに約10日の稚魚期間を経て初期未成魚に成長することになる。稚魚のおわり頃

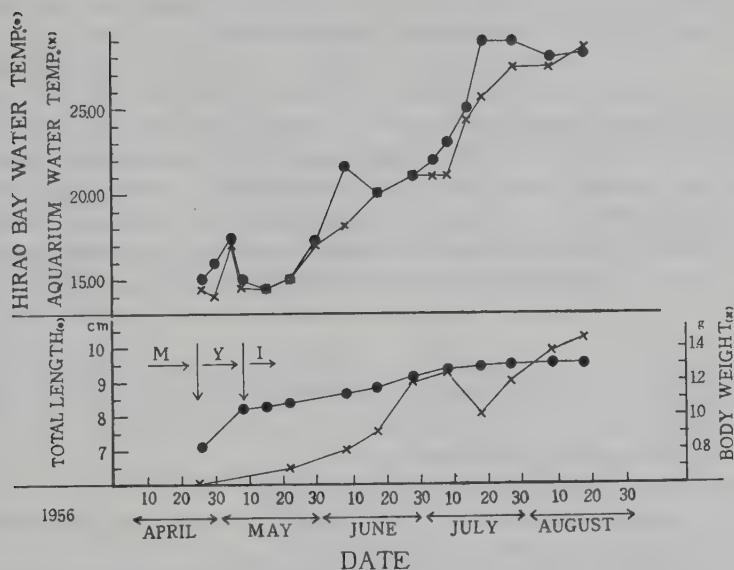


Fig. 131. Growth curve of *C. myriaster* during young life and early immature stages in aquarium. M, metamorphosis stage; Y, young stage; I, early immature stage.

の捕食行動は一層活発である。餌料としてはカタクチイワシ、ゲンコ、テンヂクダイおよびアカエビなどを細断して練ったもの、小型の多毛類を小さく切断したもの、ホンダワラに附着した端脚類などを与えたが、いずれも好んで飽食する。なかでももっとも好餌と思われるものは多毛類で、選択的な捕食がみられた。したがって稚魚期の後半における餌料は主として多毛類を投餌した。ところで、この収容水槽は深さ 26 cm、幅 30 cm および長さ 300 cm の木製水槽で、これに約 500 尾を放養したが、斃死魚はなく、また投餌と管理に便であった。しかし、この収容尾数は 1 平方 m 当り 250 尾に相当し、遊泳状態からみてほぼ極限に近い尾数であるようにみえた。すなわち、この時期の適正放養尾数はおそらく 1 平方 m 当り 150~200 尾であるように考えられる。

したがって仔魚や稚魚を種苗として養成するばあいは、仔魚および稚魚期は同一の水槽で、しかも小さい水槽で飼育し、十分に餌付け習性の現われるのをまって養成池に移すのが至当と考えられる。

考 察

粗放、あるいは集約的養成法のいずれのばあいにおいても、理想的にはもっとも短期間内に利用し得る種苗を養成することが望ましい。しかし、ウナギのように養成の対象となる種苗は成長にともなって採捕が困難となり、その初期においてのみ比較的容易に多量採捕できるものが多いので、種苗の多くは小さい時期に採捕されるのは当然である。

さて、マアナゴの種苗に相当すると思われるものは、第 1 に当才魚、または 2 才魚として秋に現われる 15~25 cm の全長のもので、この发育段階のものは 9 月~11 月頃沿岸水域に群来し、きわめて多量にかつ容易に漁獲される。したがってこれらは種苗としてはもっとも適当した大きさである。これ以上のものは短期密養には有意義であるが、直ちに利用し得るもので、養成の種苗としては不適當である。第 2 に種苗として注目されるのがこの仔魚および稚魚である。前述したように仔魚は冬から春の期間、沿岸で多数漁獲され、

またこれらの成長度は大きく、その年に20 cm 程度に成長する。とくに周防灘水域では12月～4月頃主として伸長期の仔魚が、カクチイワシやイカナゴを獲る船曳網に多量羅網する。

ところで、仔魚を種苗とするばあいの問題点は各発育段階における魚体の活力、出現量および採捕時期である。

仔魚の水温に対する抵抗力は低温に対して弱く、8°C以下でながく放置すると斃死する。したがって1月～2月の最寒期や沿岸の水温が著しく低い時期の採苗は特殊な施設を行なわない限り不適當である。したがって半仔魚の後期や半稚魚期のものがよいから、これらはすでに底層に降下し、底生魚類としての習性が強く現われ、生活に適した植物群落、あるいは礫底で、定着的な生活をなすため、採捕はきわめて困難となる。

以上の結果からすると、3月～4月の頃、すなわち沿岸水温が十分に上昇した時期に出現する仔魚を採捕して変態させ、すべてのものに個付習性が十分現われてから養成池に移すのがもっとも適當であるように思われる。

摘 要

1. 変態期に達したマアサの仔魚および稚魚はイワシ船曳網に同時に入網するカクチイワシや他の仔魚に比してかなり抵抗力が強い。したがって、採苗を効果的にするためには他の方法によらなくとも、とくに取あげ時に適切な摘出方法を講ずるだけで十分である。

2. 変態に要する日数は、水温14°C内外でおよそ22日前後である。

3. 変態期のものは無投餌の状態でも飼育できる。しかし、変態最末期においては大型の浮游性甲殻類や多毛類などを投与して摂餌状態を知る必要がある。

4. マアサの初期成長は変態期から約20日、さらに約10日の稚魚期間を経て、初期未成魚に成長する。

5. 仔魚および稚魚を種苗として養成するばあいは、同一の水槽で、しかも小さい収容水槽で飼育し、個付習性を十分発現させることが必要である。

6. 仔魚を種苗とするばあは、沿岸水温が十分に上昇した時期、すなわち3月～4月頃の伸長期後期および半仔魚期の仔魚がもっとも適當であるように思われる。

第二章 初 期 未 成 魚 Chapter II. Early immature fish

ま え が き

本章では、前章の方法で養成し、稚魚期を脱した初期の未成魚の養成方法について追求した。とくに投餌量が成長度、増重倍率、餌料係数、減重係数および変異度におよぼす影響、放養密度が成長度におよぼす影響、魚体の大きさの変異度が成長度におよぼす影響および採餌・捕食行動などの諸点についてしらべた。

実験の材料および方法

投餌量に関する実験を I、放養密度に関する実験を II、魚体の大きさの変異度に関する実験を III とする。

実験 I では、長さ193 cm、幅30 cm、深さ30 cmの木製水槽を用い、これを4等分し、各区画に稚魚期を脱した直後の未成魚を10尾ずつ放養し、総放養魚体重の20% (20%投餌群)、10% (10%投餌群)、5% (5%投餌群) の投餌および無投餌 (無投餌群) の状態において飼育した。餌は最初の約10日間にはゴカイを切斷して用い、その後はマダガ、マイワシ、ホシサバなどをガラス製の皿に入れて与えた。投餌は1日午後5時頃1回とし、残余の餌料は翌朝秤量して摂餌量を求めた。実験期間は5月15日から7月20日までで、その間、5月15日から5月24日までを第1期、5月25日から6月4日までを第2期、6月5日から6月11日までを第3期、6月12日から6月29日までを第4期、6月30日から7月10日までを第5期、それ以後を第6期とした。増重倍率 (W)、減重係数 (D)、餌料係数 (F)、減耗率 (N) は次式によって求めた。

$$W = (w_1 - w_0) / w_0, D = (w_0 - w_1) \cdot 100 / w_0, F = f / (w_1 - w_0), N = (n_0 - n_1) \cdot 100 / n_0$$

ただし、 w_0 は放養時の重量、 w_1 は収納時の重量、 f は総摂取量、 n_0 は放養時の尾数、 n_1 は収納時の尾数。

魚体の大きさの変異度は第3期終了時に各群の全長、体重を測定し、平均値と標準偏差を求め、変異係数を算出して示した。なお、飼育水槽は、底に約5 cmの厚さに砂礫を敷き、大小のカキ殻を置いて隠れ場をつくり、毎分約8ℓの海水を海から導入して循環させた。

実験 II では、稚魚期を脱した未成魚185尾を用いた。飼育には長さ154 cm、幅30 cm および深さ30 cm の木製水槽を用い、これを3区に分し、それぞれに1平方m当り100g (A群)、180g (B群)、655g (C群) の3群を収容し、総放養体重の5%の餌量を与えた。餌料、投餌回数および水槽内施設などは実験 I のばあいと同様である。飼育期間は6月12日から7月20日で、その間、6月12日から6月29日までを第1期、6月30日から7月10日までを第2期、7月11日以後を第3期とした。ただし、このばあい、各期末の放養密度の補正は行なわなかった。

実験 III では、稚魚期を脱してからおよそ3カ月養成したもの45尾を大・中・小の3群に選別し、大型群に属する魚体で変異度の小さい群 (A) をつくり、また大・中・小の個体を混合した群を変異度の大きい群

Table 229. Material used for Experiment (Ⅲ) on the various degree of fry's size.

Group	Area of aquarium	Amount of culture		Average weight (g)	Degree of variation of body weight in (g) (Number of individuals)
		weight (g)	Number of individuals		
A	2945 cm ²	52.5	10	5.25	
B	2945 cm ²	52.9	35	3.87	15.5 (4)
				1.58	12.7 (8)
				1.07	24.7 (23)

(B) とした (第229表)。

飼育期間は8月10日から10月10日までで、その間10日毎に全長と体重を測定した。しかし、放養密度の補正は行なわなかった。飼育水槽の大きさは長さ193 cm、幅37 cm および深さ30 cm で、水槽内の施設は実験 I に用いたのと同じである。餌料はエビ類で、総放養魚体重の10%に相当する餌量を与えた。

実験結果

1. 投餌量が成長度、増重倍率、餌料係数、減重係数および変異度におよぼす影響

各期における平均増重を比較すると、第1期では10%投餌群がもっとも大きく、20%投餌群、5%投餌群の順に小さくなっていることから、成長度は投餌量に比例する関係が認められる。

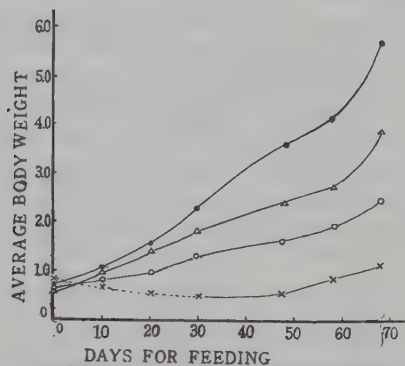
無投餌群においては第1期0.21g、第2期0.05g、第3期0.07gの減重を示し、供試魚のほとんどは最低生活の限界に達し、これ以上無投餌状態におくと斃死することが認められた。したがって第4期より2%投餌に変更したところその後わずかに増重が認められた (第230表、第132図)。

第231表の測定結果から増重倍率、餌料係数および減重係数はそれぞれ第232表のようになる。

増重倍率および減重係数 (第232表、第133図) は、第1期では20%、10%、5%投餌群でそれぞれ10.42、0.47、0.04の増重率を示し、無投餌群では放養時の重量より24%の減重を示す。第2期では20%投餌群がもっとも高率を示し、投餌量に比例する関係が認められた。しかし無投餌群では7%の減重を示す。第3・4・5期ではいずれも20%投餌群がもっとも高率を示し、またこれまでの無投餌群では2%投餌によって増重

Table 230. Relation between degree of growth and amount of food (20~0%) in *C. myriaster* during the rearing period of 70 days (Experiment I).

Amount of food Rearing periods (No.)	Average total length (cm)				Average body weight (g)			
	20%	10%	5%	0%	20%	10%	5%	0%
May 25~May 24(1)					0.74	0.68	0.68	0.86
June 5~June 4(2)					1.05	1.00	0.81	0.65
June 5~June 11(3)					1.57	1.40	0.99	0.60
June 12~June 29(4)	11.70	11.13	10.10	7.68	2.28	1.82	1.36	0.53
June 30~July 10(5)	13.74	12.14	10.71	8.28	3.62	2.38	1.61	0.56
June 30~July 10(5)	15.44	12.97	11.56	9.13	4.10	2.68	1.93	0.81
July 11~July 20(6)	16.45	14.38	12.51	9.84	5.70	3.93	2.51	1.13

Fig. 132. Relation between degree of growth and amount of food in *C. myriaster* during the rearing period of 70 days (Experiment I). Amount of food: ●, 20%; △, 10%; ○, 5%; ... x ..., 0%; - x -, 2%.Table 231. Influence of the quantity of food for growth of *C. myriaster* rearing in aquarium during the period from May 15 to July 20 (Experiment I).

Periods Days for feeding	1 st (May 15~May 24)				2 nd (May 25~June 4)				3 rd (June 5~June 11)			
	10 days				10 days				7 days			
	20%	10%	5%	0%	20%	10%	5%	0%	20%	10%	5%	0%
Amount of food												
Initial number of fish	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Initial body weight (g)	7.4	6.8	6.8	8.6	10.5	10.0	8.1	6.5	15.7	14.0	9.9	6.0
Total weight of fish (g)	10.5	10.0	8.1	6.5	15.7	14.0	9.9	6.0	22.8	18.2	13.6	5.3
Total increase in weight (g)	3.1	3.2	1.3	-2.1	5.2	4.0	1.8	-0.5	7.1	4.2	3.7	-0.7
Number of decrease												
Total food consumed (g)	15.0	6.8	3.4		18.0	10.0	3.5		18.7	9.8	3.5	

4 th (June 12~June 29)				5 th (June 30~July 10)				6 th (July 11~July 20)			
18 days				11 days				10 days			
20%	10%	5 %	2 %	20%	10%	5 %	2 %	20%	10%	5 %	2 %
10	10	10	10	10	10	10	10	9	10	8	6
22.8	18.2	13.0	5.3	36.2	23.8	16.1	5.6	36.8	26.8	15.4	4.9
36.2	23.8	13.1	5.6	45.1	26.8	19.3	8.1	51.3	39.3	20.6	6.8
13.4	5.6	2.5	0.3	8.9	3.0	2.7	2.5	14.5	12.5	5.2	1.6
				1		2	4			2	1
75.4	32.3	11.0	2.0	66.1	26.2	8.5	0.9	56.7	24.3	6.9	0.9

が認められた。第6期では10%投餌群がもっとも高率を示し、20%、5%、2%の各投餌群はいずれも著しい差は認められなかった。そして全飼育期間(66日)における各群の増重倍率は投餌量に比例する関係を示した(第232表)。

Table 232. Weight-multiplying rate, food quotient and decreasing weight due to the amount of food (Experiment I). Periods, see Table 230.

Items	Weight-multiplying rate				Food quotient				Decreasing weight (%)			
	20%	10%	5 %	2 %	20%	10%	5 %	2 %	20%	10%	5 %	0 %
Periods												
1	0.42	0.47	0.04		4.84	2.13	3.00					24.00
2	0.49	0.42	0.14		3.46	2.50	2.00					7.00
3	0.45	0.30	0.36		2.60	2.33	0.95					1.00
4	0.59	0.31	0.19	0.06	5.62	5.73	4.40	6.67				
5	0.25	0.13	0.13	0.23	7.42	8.72	3.12	0.36				
6	0.39	0.47	0.34	0.39	3.91	1.94	1.35	0.48				
From 1 to 6. (66 days)	5.86	4.78	2.03	0.28	5.69	3.37	2.67	2.53				38.00

投餌量と飼料係数との関係(第134図)は、第1期では10%投餌群が2.03を示し、単位量の増肉に要する

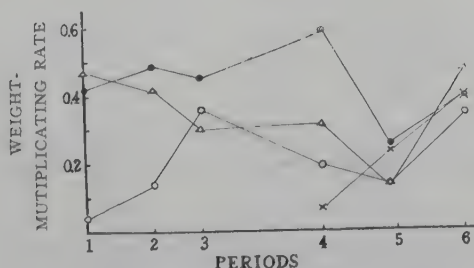


Fig. 133. Relation between the quantity of food and weight-multiplying rate in *C. myriaster* (Experiment I). Quantity of food: ●, 20%; △, 10%; ○, 5%; ×, 2%. Periods, see Table 230.

餌料の効率は最高を示し、5%・20%投餌群がこれにつぐ。第2期では5%投餌群がもっとも効率がよく、10%・20%投餌群がこれにつぐ。第3期ではいずれの群も前期より効率がよく、とくに5%・20%投餌群では飼育日数と逆比例の関係が認められる。第4期は5%投餌群がもっともよい効率を示し、第5・6期では2%投餌群がもっともよい効率を示した。全飼育期間(66日)における各群の餌料係数は投餌量に比例する関係が認められる(第232表)。

投餌量の相違にもとづく魚体の大きさの変異度(第233表)は投餌量に逆比例する関係が認められる。すなわち投餌量の多い群ほどその変異度は小さく、かつ成長は良好である。

Table 233. Relation between the variational degree of fry's size and quantity of food in *C. myriaster* rearing in aquarium (Experiment I).

Items Quantity of food	Range		Mean value		Standard deviation		Coefficient of variation	
	Body weight(g)	Total length(cm)	Body weight(g)	Total length(cm)	Body weight(g)	Total length(cm)	Body weight(g)	Total length(cm)
20 %	1.20~3.50	10.70~13.50	2.28±0.10	11.70±0.16	0.47±0.07	0.77±0.12	20.61±3.11	6.58±0.99
10 %	1.10~2.60	9.70~12.30	1.82±0.10	11.13±0.15	0.46±0.07	0.75±0.11	25.27±3.81	6.74±1.02
5 %	0.80~2.20	8.70~11.20	1.36±0.09	10.10±0.15	0.44±0.06	0.71±0.11	32.35±4.88	7.06±1.06
0 %	0.20~0.91	6.70~8.90	0.53±0.06	7.60±0.15	0.29±0.04	0.69±0.10	54.71±8.25	9.07±1.36

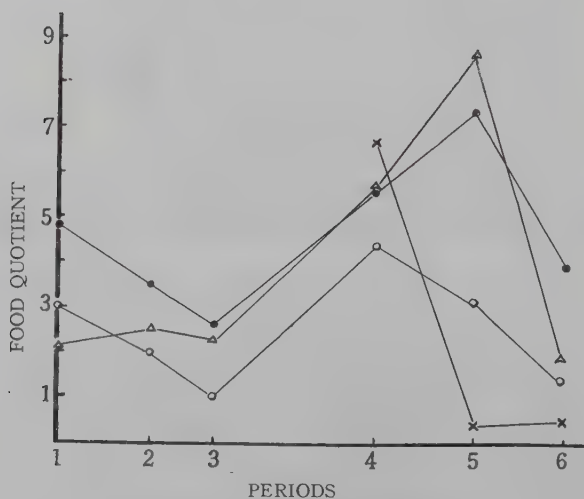


Fig. 134. Relation between the quantity of food and food quotient in *C. myriaster*. Quantity of food: ●, 20%; △, 10%; ○, 5%; ×, 2%. Periods, see Table 230.

2. 放養密度が増重倍率、餌料係数および減耗率におよぼす影響

測定結果(第234表)から、A・B・C各群の増重倍率(W)、餌料係数(F)、減耗率(N)および平均体重を求めた(第235表)。

放養密度と成長量の関係(第135図)は、放養密度の小さい群ほど成長が良好である。増重倍率は第1期ではB群がもっとも大きく、0.35を示す。第2・3期では放養密度の小さいA群がもっとも高率を示し、放養密度が大きいほど小さく、また放養密度が小さいほど大きい傾向がある(第135図)。

餌料係数は、第1期ではB群がもっとも小さい値を示し、第2・3期ではA群がもっとも小さい値を示した。すなわち放養密度が小さい群ほど餌料係数は小さい傾向がある(第135図)。

Table 234. Results of Experiment(II) on the population density in *C. myriaster*. No., number of specimens.

Periods	Group	Population density per square meter (g)	Amount of fish		Catch		Decrease		Average body weight(g)		Increment of body weight (g)	Amount of Food (g)
			weight (g)	No.	weight (g)	No.	weight (g)	No.	Releasing time	Catch time		
1 (June 12 ~ June 29)	A	100	13.6	10	16.1	10			1.36	1.61	2.5	11.00
	B	180	25.5	30	31.5	25	3.0	5	0.86	1.28	9.0	23.60
	C	655	130.0	145	123.9	109	20.4	36	0.89	1.13	14.3	111.40
2 (June 30 ~ July 10)	A	115	16.1	10	15.4	8	3.4	2	1.61	1.93	2.7	8.45
	B	230	31.5	25	35.9	25			1.28	1.43	4.4	18.41
	C	620	123.9	109	97.3	79	29.0	30	1.13	1.23	2.7	60.40
3 (July 11 ~ July 20)	A	110	15.4	8	15.1	6	5.5	2	1.93	2.51	5.2	6.93
	B	260	35.9	25	15.3	8	25.9	17	1.43	1.91	5.3	13.20
	C	490	97.3	79	97.4	71	10.0	8	1.23	1.37	10.1	43.02

Table 235. Weight-multiplying rate (W), food quotient(F), decreasing rate(N) and average body weight in *C. myriaster* on Experiment II. m. b. w., mean of body weight.

Group	Population density per square meter (g)	Periods Items	(1) (June 12 ~ June 29)	(2) (June 30 ~ July 10)	(3) (July 11 ~ July 20)	Mean
A	100	W	0.18	0.17	0.34	0.23
		F	4.40	3.12	1.33	2.61
		N		20.00	25.00	15.00
		m. b. w. (g)	1.61	1.93	2.51	2.01
B	180	W	0.35	0.14	0.14	0.21
		F	2.62	4.18	2.49	3.09
		N	16.67		68.00	28.22
		m. b. w. (g)	1.28	1.43	1.91	1.54
C	655	W	0.11	0.02	0.10	0.08
		F	7.79	22.37	4.25	11.47
		N	24.82	27.52	10.12	20.82
		m. b. w. (g)	1.13	1.23	1.37	1.24

減耗率は養成初期において、放養密度の大きい群ほど高率を示したが、これは摂餌の偏りによる競争、友食現象および逸脱による。

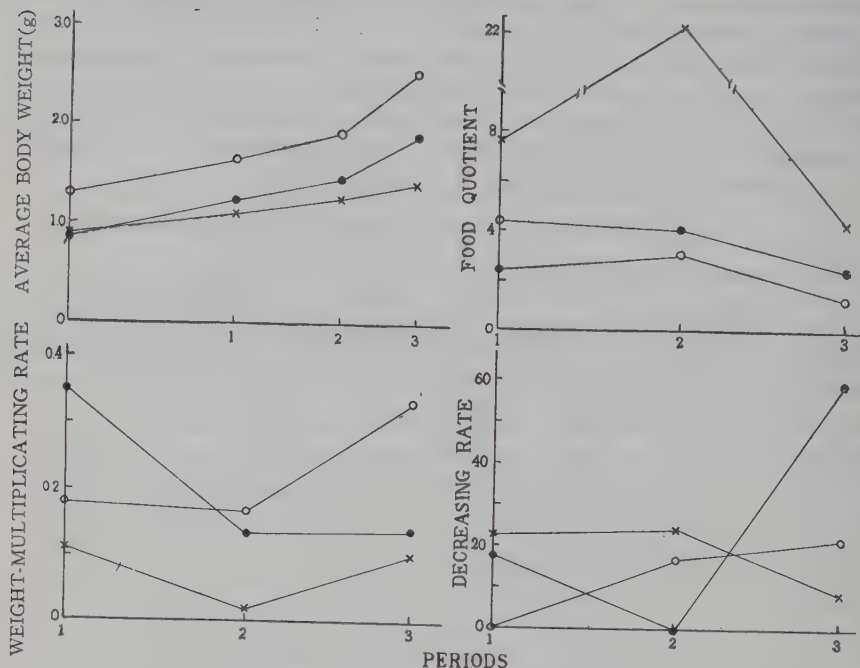


Fig. 135. Average body weight (g), weight-multiplying rate, food quotient and decreasing rate in relation to difference of the population density (100 g/m² in A group; 180 g/m² in B group; 655 g/m²) in fry of *C. myriaster* during the period of rearing in aquarium. Period: First period, from June 12 to June 29; second period, from June 30 to July 10; third period, from July 11 to July 20. ○, A group; ●, B group; ×, C group. (Experiment II).

3. 魚体の大きさの変異度が増重倍率、餌料係数および減耗率におよぼす影響

魚体の大きさの変異度を異にするA・B群(第229表)の増重倍率は第2期までは、変異度の小さいA群より、大きいB群が優っている。以後は著しい相違はないが、第4期を除いて変異度の小さい群が優っている。全飼育期間(61日)における増重倍率は、変異度の小さい群が大きい群よりおよそ3.5%大きい。

餌料係数は、第1・2・4期では変異度の大きい群が小さい群に比して餌料の効率がよいが、他の期間では変異度の小さい群の方が優っている。全飼育期間(61日)における両群の餌料係数は変異度の小さい群は2.94、大きい群は2.90を示し、著しい差異はない。

減耗率は、変異度の小さい群は10.0%、大きい群は42.9%を示し、前者の方が減耗が少ない(第237表)。

成長量(平均増重量)は、変異度の小さい群が大きい群に比して優る。すなわち実験終了時における1尾当りの平均増重は、変異度の大きい群では6.9gを示し、前者が遙かに優り、ことに第2期以後は著しい増重を示す(第136図)。

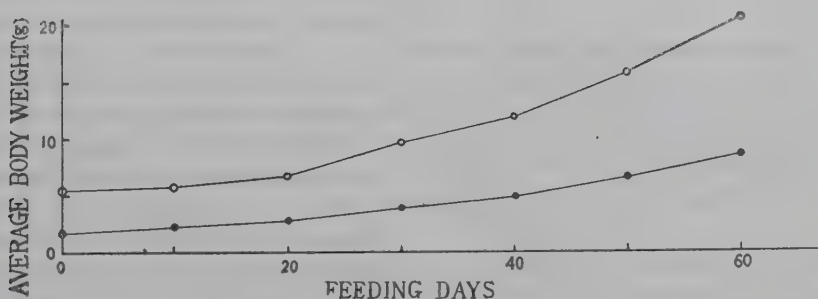
以上の結果から、餌料係数は両群の間に著しい差は認められなかったが、増重倍率、成長量などはいずれも変異の小さい群が大きい群よりもよく、減耗率は小さいことが認められる。

Table 236. Result of Experiment(Ⅲ) on the variational degrees of fry's size in *C. myriaster*.
No., number of specimens. Periods, see Table 230.

Group	Periods	At time of fishing		Average weight(g)	Increase of weight(g)	Decreased		Amount of food(g)	Feeding days
		weight(g)	No.			weight(g)	No.		
A	1	51.6	9	5.73	3.1	4.0	1	32.05	10
	2	61.1	9	6.78	9.5			56.76	11
	3	86.3	9	9.58	25.2			42.77	10
	4	108.1	9	12.01	21.8			76.37	10
	5	141.0	9	15.66	32.9			97.20	10
	6	189.0	9	21.00	48.0			112.80	10
	Total	189.0	9		140.5	4.0	1	417.95	61
B	1	48.2	23	2.09	5.3	10.0	12	43.83	10
	2	53.3	20	2.66	9.8			52.64	11
	3	71.9	20	3.60	18.6			37.31	10
	4	100.4	20	5.02	28.5			64.71	10
	5	131.0	20	6.55	30.6			93.60	10
	6	175.2	20	8.76	44.2			104.80	10
	Total	175.2	20		137.0	14.7	15	396.89	61

Table 237. Difference of the weight-multiplying rate, food quotient and decreasing rate between the group(A) of great variation and group(B) of less variation in size of fry, *C. myriaster* reared in aquarium. Periods, see Table 230.

Periods	Weight-multiplying rate		Food quotient		Decreasing rate(%)	
	Group A	Group B	Group A	Group B	Group A	Group B
1	0.06	0.10	10.33	8.27	10.00	34.28
2	0.16	0.17	5.97	5.37		13.04
3	0.29	0.26	1.69	2.01		
4	0.25	0.39	3.50	2.27		
5	0.31	0.30	2.95	3.06		
6	0.34	0.33	2.35	2.37		
From 1 per.to 6 per. (61days)	2.68	2.59	2.94	2.90	10.00	42.85

Fig. 136. Comparison of the growth (average body weight) in two groups that differ variational degrees in size of the fry, *C. myriaster* in aquarium. Circle, the group (A) of less variation in size of fry; dot, the group (B) of great variation in size of fry.

4. 索餌および捕食行動

投餌量を異にする群の索餌および捕食行動を昼間投餌によって観察すると、5%および10%投餌群では、餌を与えると直ちにカキ殻や石の間隙から体を出して索餌行動を起すが、20%投餌群では薄暮になってはじめて捕食行動に移る。捕食行動はいずれも餌が吻端に触れると直ちに口にくわえ前進後進の運動を数回繰返して吞込む。餌が大きいはいは頭部を左右に振って餌をちぎって吞込む。また適正放養密度の限界を越えると、友食現象が認められる。

魚体の変異度の大きい群では、大型のものの摂餌頻度が多く、つねに小型のものの捕食を圧迫する。

なお、変態後およそ8カ月飼育した個体は飼育水槽に近づく人の足音で、石の間隙やカキ殻の下から泳ぎ出て表層に浮び上り、水面に頭部を出し、口を開いて餌を要求し、手移しに給餌できるようになる。

考 察

初期未成魚の養成で重要な問題は、投餌量であって、その適否により成長に著しい影響を与える。とくに前記の実験結果からみると、初期（第1期）における投餌量の制限は、いたずらに大きさの変異度を増大し、成長を疎害し、生産量に影響をおよぼす結果となる。すなわち初期の餌付け時期に、最多投餌群に残餌が全く認められなかったことから、適正投餌量は魚体重の20%以上が必要であることがわかる。第2期以後の適正投餌量は、5%、10%の投餌群で残餌がなかったこと、20%投餌群で残餌が認められた事実から、20%投餌量は餌付以後の養成では過量と思われる。そこで20%投餌群における摂餌量(%)を求め、その頻度（第137図）をみると、摂餌量は魚体重の17~18%がもっとも多く、全飼育期間における平均摂餌量は17.16%を示した。したがって養成期における適正投餌量はおよそ17~18%の範囲内にあると考えられる。

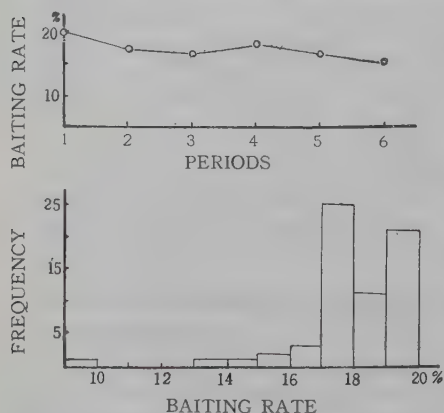


Fig. 137. Baiting rate in relation to feeding period (upper) and frequency distribution of baiting rate within the range of 10 to 20% (lower) in young of *C. myriaster* rearing in aquarium. Abbreviations of period are same as in Table 230.

さらに飼育期別に摂餌量(%)をみると（第137図）、第1期20%、第2期17.1%、第3期17.0%、第4期18.4%、第5期16.6%、第6期15.4%の摂餌率を示し、餌育期の経過につれて減少する傾向が認められるが、成長度と増重倍率などは飼育期の経過とともに増加傾向を示している。すなわち養成期においては、過量に投餌する必要は認められず、逐次成長に応じて体重の維持量を定め、この量を最小限度として投餌量をしだいに減少させていくことが可能である。そして第4期以後の餌料係数が20%・10%投餌群では大きくなっているのに反し、5%投餌群では小さい値を示していること、および第6期終了時における増重倍率が各投餌群において著しい差が認められない点から、体重維持量は5%附近にあるものと考えられる。

放養密度は、成長に著しい影響をおよぼし、収容水量に対する適正密度の限界を越えると成長量は減少し、ついには斃死魚が出現する。すなわち密度の小さい群は増重倍率、餌料係数および成長

などともに良好な結果を示し、減耗も少ない。そこで適正密度を求めると、放養密度の変化がもっとも小さかったA群の成長が良好であったこと、A群とB群の間に著しい差が認められなかったこと、飼育当初には放養密度が1平方m当り180gであったB群が増重倍率・餌料係数ともに他の群より良好であった事実から、適正放養密度はおよそ1平方m当り100~230gの範囲と推定する。

魚体の大きさの変異度の大きい群においては、魚体の大きいものの捕食頻度が大きく、したがって多量に摂餌し、常に魚体の小さいものの捕食を圧迫しているため、小魚体群は10%の投餌量では成長に必要な餌量が得られず、魚体の大きい個体のみが成長する結果となり、全体の成長量は時間の経過とともに、変異度の小さい群のそれに比して小さくなった。すなわち、養成技術を支配する諸要素を優位にするためには、しばしば魚体の大きさを統一し、できるだけ変異度を小さくする必要がある。したがってこの時期の養成においては養成管理の容易な小さいいくつかの養成池によって育成を計り、後に大きい養成池に移すことが望ましい。

摘 要

1. 稚魚期を脱した初期未成魚の養成法について検討した。
2. 初期未成魚の成長は投餌量に比例する関係を示す。
3. 全飼育期間における増重倍率は投餌量に比例する関係を示す。
4. 全飼育期間における餌料係数は投餌量に比例する関係を示す。
5. 稚魚期を脱して間もない期間では20%以上の餌量が要求され、成長にともないしだいに減減させ得る。適正投餌量は17~18%である。
6. 大きさの変異度は投餌量に逆比例する関係を示す。
7. 放養密度と成長量は逆比例の関係を示す。
8. 放養密度と増重倍率は逆比例の関係を示す。
9. 放養密度と餌料係数の関係は比例する。
10. 適正放養密度の範囲は1平方mあたり100~230gと推定される。
11. しばしば魚体の大きさを統一し、できるだけ変異度を小さくする必要がある。

第三章 当 才 未 成 魚 Chapter III. Early immature fish

ま え が き

養成用種苗としてもっとも適当と思われる魚体は、秋に接岸する当才未成魚である。すなわち、2才魚の大部分あるいはそれ以上のものでは、すでに商品価値のある体長に成長している。また仔魚や稚魚を養成用種苗とするばあいよりも養成期間が短く、減耗率は低い。

ところで現在漁獲方法で当才未成魚が漁獲に添加するのは、およそ7月からであるが、7・8・9月はまだきわめて少なく、普通に漁獲されるようになるのは10月以降で、毎年11月および12月が盛漁期となる。したがって盛漁期における採苗は目前に寒冷な冬が迫っており、採苗時期としてはやや遅いうらみがある。すなわち養魚池での好適条件下における養成期間が短く、漁獲による活力の低下の回復や開けた水域から狭小な池中への環境変化に対する順応性がまだ十分でないうちに、池中水温の極端な低下や激変が生じ、ために運動や摂餌が停滞し、結果として養成効果が低下するようになる。

以上のことから、採苗はできるだけ早い時期、すなわち晩夏から初秋に行なうのが最適と思われる。要するに池中水温が自然のそれと大差がなく、比較的安定している好季節にできるだけ長く放養して、冬を迎えることが理想的である。よって本章では自然で成長した当才未成魚の、夏における生息場所、その分布状態、大きさおよび採捕など種苗に関する2・3の問題と、これを種苗としたばあいの養成法およびその効果についてしらべた。



Fig. 138. Showing area (hatched area) of fishing ground researched in the present study. Arabic numerals show the depth of the waters in m.



Fig. 139. Showing drag-net used in the present study to catch the fry, *Conger myriaster*.

実験の材料および方法

本章では実験を、種苗の採捕と大きさⅠ、投餌量が成長におよぼす影響Ⅱ、放養密度が増重率におよぼす影響Ⅲの3項にわけた。

実験Ⅰでは、1957年7月29日から9月8日までの間、平生湾(第138図、A)および佐賀湾(第138図、BとC)の2カ所を調査した。A区は淡水の流入する浅底水域で、その大部分は泥質底で、一部アマモが繁殖して藻場を形成する。B区は淡水の影響のない佐賀湾の沿岸水域で、A区と同じようにアマモが繁殖する水深5~10mの泥、砂泥質の水域である。C区は佐賀湾の西部中央水域で、水深は13~17mでもっとも深く、底質は泥である。前2区のような水生生物は繁殖していない。

捕獲用の漁具は山口県の内海で普通に使用されている小型のエビ漕ぎ網を改良(第138図)*して用いた。作業時間は日没から2時間以内、1回の曳網時間は10分に規定した。

実験Ⅱの材料は、1957年7月28日から8月15日までに、佐賀湾のB・C区で採捕した魚体を用いた。飼育水槽はコンクリート製の長さ150 cm、幅50 cmおよび深さ55 cmのもので、これを3区分し、各水槽の底には厚さ約5 cmに砂を敷き、大小の石とカキ殻を置いて隠れ場を設けた。水深は常に40 cmを保ち、海水を直接海から導入した。流入量は毎分およそ5ℓである。飼育期間は1957年8月18日から10月31日までの75日間、この間15日間隔で中間測定を行った。放養尾数は各池とも10尾で、投餌量は総放養魚体重に対する5%、10%、15%の餌量とし、餌料は放養初期(放養日より15日間)はゴカイ類、その後はカタクチイワシ・マアサヒ・ホンサバなどの生鮮魚肉を用いた。投餌は毎日午後6時に1回行ない、翌朝残餌量をしらべて摂餌量を求めた。放養時の各群の全長および体重組成は第138表の通りである。なお、魚体の大きさの変異度は実験終了時に各群の全長と体重を測定し、変異係数を求めて検討した。

実験Ⅲの供試魚は1957年8月15日から9月7日にわたる間、A区で採捕した全長16.7~25.0 cmの魚59尾を使用した。養成水槽は実験2で用いたのと同じ大きさのもので、4箇を用いた。飼育期間は1957年9月9日から11月8日までの60日間、その間15日毎に中間測定を行った。各池の

* 網目および沈子の重さを次のように改良した。張棒の長さ、3.5 m; 袖網全長、8 m; 袋部の長さ、5 m; 沈子の重さ、8 kg; 袖部網目、20節; 袋部網目、110節; 曳網の長さ、25 m.

収容重量は1平方m当り 400 g, 800 g および 1,200 g とし、測定毎に増重量を除去して放養密度の補正を行った。これらの対照群として1平方m当り 360 g を別に放養し、全期を通じて補正を行わず養成した。餌料、投餌回数、投餌時間などは実験Ⅱのばあいと同じである。投餌量は各群ともに総放養魚体重に対する10%の餌量とした。

Table 238. Samples of *C. myriaster* used in Experiment Ⅱ, in which the writer examined the influence of the quantity of food upon the growth rate, weight-multiplying rate, food quotient and degree of variation of fish.

Amount of food	Number of fish	Total length(cm)			Body weight(g)		
		Range	Mean value	Coefficient of variation	Range	Mean value	Coefficient of variation
5 %	10	15.2~21.0	17.78±0.34	8.85±0.48	3.9~10.8	6.86±0.48	34.58±5.24
10 %	10	14.7~22.3	17.40±0.46	12.41±1.87	3.0~11.9	5.82±0.52	41.68±6.29
15 %	10	14.5~21.1	16.48±0.47	13.22±2.00	3.7~10.9	5.05±0.45	42.97±6.51

増重倍率 (W), 減耗率 (N), 餌料係数 (F) の算出方法は前章で行ったと同じ方法である。なお、飼育期間における水温の変化 (5日平均) を第140図に示した。

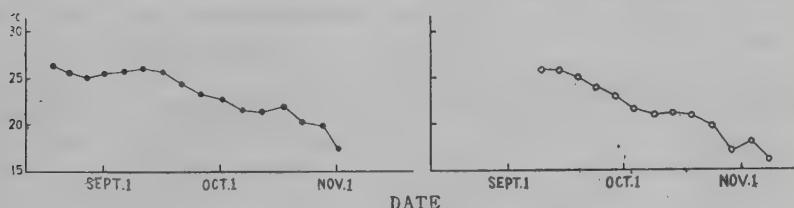


Fig. 140. Change of water temperature during the periods of Experiments Ⅱ and Ⅲ. Dot, Experiment Ⅱ (on the quantity of food); circle, Experiment Ⅲ (on the population density).

実験結果

1. 採捕率および生息場所

A・B・C各漁場 (第138図) 別の採捕尾数と1網平均漁獲尾数を第239表に示した。

Table 239. Showing the fishing rate of *C. myriaster* per haul in the three fishing grounds in Suō-nada. Fishing grounds are shown in Fig. 138. A, Hirao Bay; B, beach of Saga Bay; C, western part of Saga Bay.

Fishing ground	Depth(m)	Number of haul	Number of catch	Catch per haul
A	1 ~ 5	30	45	1.5
B	5 ~ 10	9	188	20.9
C	11 ~ 17	12	117	9.8

採捕率はB区がもっとも高く、ついでC区で、A区がもっとも低い。そしてB・C区の漁獲は比較的安定している。この調査結果から、夏における当才未成年魚の垂直分布の重心的範囲が5~10mの浅底水域にある

こと、これより以深、すなわち11～17mの水域においても採捕率がかなり高く、分布は広い範囲にわたること、また狭小な内湾・河口水域より開けた沿岸の浅底水域に多く生息し、さらに単に泥底よりもアマモなどの水生植物の繁茂しているところに多生する傾向がある。ところで本実験に用いた採捕漁具（第139図）は非常に小型なものであるから、これより大型のものに比較すると曳網面積が小さく、漁獲量は少ないわけ、したがって普通に使用されている網で、しかも袖・袋網目や沈子などを考慮して使用すれば種苗として必要な量を得ることは決して困難とは考えられない。

2. 全長と体重組成

採捕した当才未成魚の全長組成を第141図に、またその漁場別組成を第240表に示した。

調査期間に出現した最小全長は10.1 cm、最大全長は24.6 cmで、春における稚魚のそれに比較するとかなり成長している。これらの平均値は16.67 cmでもっとも高率に出現する全長範囲は、12.0～22.0 cmで、それは全体の95.1%を占める。漁場別の全長組成は、B区のもののがもっとも大きく19.77±0.22 cm、A区がこれにつき17.09±0.07 cm、C区のもののがもっとも小さく15.94±0.14 cmである。これらの調査結果からみて、浅所で生活しているものが、より深所で生活するものに比して大きい（第142図）。また藻場に生息するものが泥底にすむものより大きい傾向（第143図）がみられる。

Table 240. Frequency distribution of total length in one age group of *C. myriaster*. The three fishing grounds are shown in Fig. 138. A, Hirao Bay; B, beach of Saga Bay; C, western part of Saga Bay. No., number of fish.

Fishing ground	A		B		C	
	No.	Percentage	No.	Percentage	No.	Percentage
Total length(m)						
10 ~ 11					2	1.7
11 ~ 12	1	2.2			5	4.3
12 ~ 13	5	11.1			10	8.5
13 ~ 14	3	6.7			9	7.7
14 ~ 15	7	15.6			19	16.2
15 ~ 16	4	8.9	2	4.8	12	10.2
16 ~ 17	6	13.3	5	11.9	16	13.7
17 ~ 18	4	8.9	6	14.3	19	16.2
18 ~ 19	4	8.9	7	16.7	14	12.0
19 ~ 20	3	6.7	8	19.0	7	6.0
20 ~ 21	6	13.3	6	14.3	2	1.7
21 ~ 22	1	2.2	5	11.9	2	1.7
22 ~ 23	1	2.2	1	2.4		
23 ~ 24			1	2.4		
24 ~ 25			1	2.4		
Range	11.60～22.20		15.10～24.60		10.10～21.0	
Mean value	17.09± 0.29		19.77± 0.22		15.99± 0.14	
Standard deviation	2.86± 0.20		2.07± 0.16		2.32± 0.10	
Coefficient of variation	16.73± 1.19		10.47± 0.76		14.51± 0.64	

このような事実は成長にともなって漸次接岸し、藻場や他の適当な場所を選択して生活する習性のあることを示している。そして秋に盛期の様相を呈する若年魚の接岸移動は、すでに夏から行われているようにみられる。

体重組成は第241表のように、最小体重が1.1 g、最大体重が16.5 gで、その範囲はかなり大きい。そしてもっとも高率に出現する体重範囲は4.0～12.0 gで、全体の66.2%を占める。漁場別の平均体重は、B区のもののがもっとも大きく、A区の個体群がこれにつき、もっとも深いC区に生息するもののがもっとも小さい。

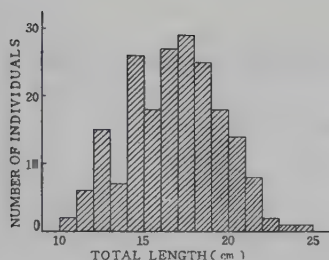


Fig. 141. Composition of total length in one age group of *C. myriaster* in summer season (from July 29 to September 8, 1957).

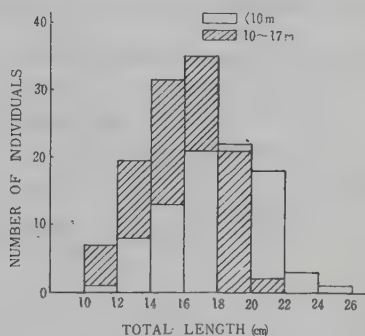


Fig. 142. Frequency distribution of total length in one age group of *C. myriaster* in each fishing depth, in summer season (from July 29 to September 8, 1957).

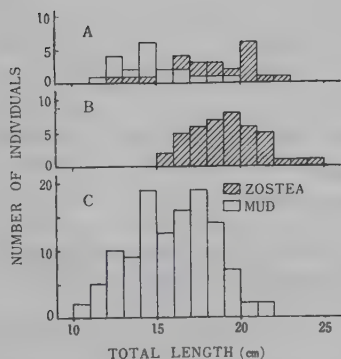


Fig. 143. Comparison of frequency distribution of total length in one age group of *C. myriaster* in the *Zostera*-zone and only muddy bottom.

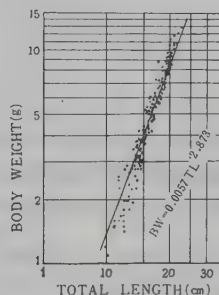


Fig. 144. Relation between the total length (TL) and body weight (BW) in one age group of *C. myriaster* in summer season (from July 29 to September 8, 1957).

Table 241. Comparison of the body weight and fatness in specimens of one age group of *C. myriaster* in each fishing ground in summer season (from July 29 to September 8, 1957).

A, B and C fishing grounds are shown in Fig. 138.

Fishing ground	Number of specimen	Body weight(g)		Average of fatness
		Range	Mean value	
A	45	1.8~11.5	4.92	0.98
B	42	1.1~10.1	7.48	0.96
C	117	4.2~16.5	7.12	1.01

しかし肥満度では逆の関係がみられた。

これらの個体群の体重 (BW)g と全長 (TL)cm の間には第144図のように $BW = aTL^b$ の関係が成立し、

指数 a は 0.0057, 係数 b は 2.873 がそれぞれ示される。

Table 242. Result of Experiment (II) on the influence of the quantity of food upon the growth of *C. myriaster*.

Periods of rearing	Amount of food (%)	Amount of fish at the beginning of rearing		Amount of catch at the end of rearing		Average size at the beginning of rearing		Average size at the end of rearing		Increment of body weight (g)	Amount of food (g)
		Weight (g)	No. of fish	Weight (g)	No. of fish	Total length (cm)	Body weight (g)	Total length (cm)	Body weight (g)		
I (Aug. 18~ Sept. 1)	5	68.6	10	75.6	10	17.78	6.86	18.55	7.56	7.0	51.7
	10	58.2	10	82.1	10	17.40	5.82	18.74	8.21	23.9	86.4
	15	50.2	10	71.1	10	16.48	5.05	17.79	7.60	25.5	120.1
II (Sept. 2~ Sept. 16)	5	75.6	10	91.6	10	18.55	7.56	19.69	9.16	16.0	57.0
	10	82.1	10	121.5	10	18.74	8.21	21.43	13.15	39.4	123.0
	15	76.0	10	120.7	10	17.79	7.60	20.61	12.07	44.7	171.0
III (Sept. 17~ Oct. 1)	5	91.6	10	122.9	10	19.69	9.16	21.46	12.29	31.3	69.0
	10	121.5	10	157.3	10	21.43	12.15	23.31	15.73	35.8	182.0
	15	120.7	10	175.6	10	20.61	12.07	23.37	17.56	54.9	271.5
IV (Oct. 2~ Oct. 16)	5	122.9	10	189.0	10	21.46	12.29	23.43	18.90	66.1	93.0
	10	157.3	10	254.0	10	23.31	15.73	26.01	25.40	96.7	235.5
	15	175.6	10	291.0	10	23.37	17.56	27.47	29.10	115.4	393.2
V (Oct. 17~ Oct. 31)	5	189.0	10	267.0	10	23.43	18.90	25.10	26.70	78.0	133.0
	10	254.0	10	379.0	10	26.01	25.40	27.80	37.90	125.0	330.2
	15	291.0	10	416.0	10	27.47	29.10	28.60	41.60	125.0	560.7

3. 投餌量と成長度, 増重倍率, 餌料係数および変異度との関係

養成結果を第242表に, また各群の増重倍率と餌料係数を第243表に示す。

Table 243. Weight-multiplicating rate and food quotient in relation to several degree of the quantity of food in one age group of *C. myriaster* rearing in aquarium, from August 18 to October 31, 1957.

Date	Weight-multiplicating rate(W)			Food quotient(F)		
	Group of 15%	Group of 10%	Group of 5%	Group of 15%	Group of 10%	Group of 5%
Sept. 1	0.51	0.43	0.10	4.72	3.66	7.40
Sept. 16	0.59	0.48	0.36	3.83	3.12	3.57
Oct. 1	0.46	0.30	0.35	4.95	5.11	2.24
Oct. 16	0.66	0.62	0.58	3.41	2.45	1.55
Oct. 31	0.43	0.50	0.41	4.49	2.64	1.71
From Aug. 18 to Oct. 31	7.24	5.68	2.90	4.18	2.99	2.09

1) 成 長 度

投餌量を異にする 3 群の成長傾向を第145図に示した。

各群それぞれの平均体重は飼育日数の経過とともに増加するが, 投餌量の多い群ほど増加量が多い。またいずれの群でも第 3 期 (第145図) 以後顕著な増重を示す。これはとくに池中水温が魚体の好的範囲に低下し, 摂餌とその効果が増大したためと思われる。9 月中旬以後の成長度はよく投餌量に比例している。

2) 増重倍率および餌料係数

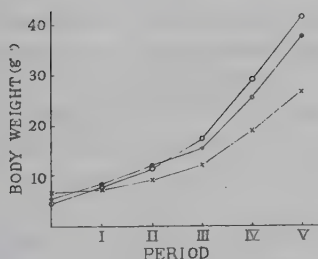


Fig. 145. Relation between the body weight (g) and the feeding period of one age group of *C. myriaster*. ○, group feeding 15 % of body weight in every day; ●, group feeding 10 % of body weight in every day; ×, group feeding 5 % of body weight in every day. I, From August 18 to September 1; II, from September 2 to September 16; III, from September 17 to October 1; IV, from October 2 to October 16; V, from October 17 to October 31, 1957.

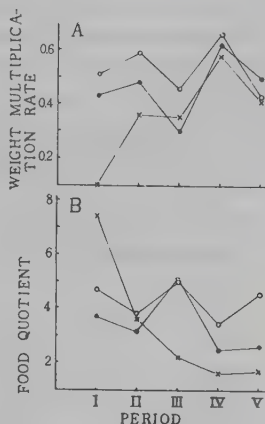


Fig. 146. Change of weight-multiplying rate (A) and the food quotient (B) in one age group of *C. myriaster* in Experiment I (on the influence of the quantity of food upon the growth of fry). Periods are shown in Table 242.

各群の増重倍率と餌料係数の変化傾向を図示すると第146図となる。各群の増重倍率は、15%投餌群で7.24、10%投餌群で5.69、5%投餌群で2.90をそれぞれ示し、投餌量に比例する関係が認められる。期間別では15%投餌群が0.43~0.66、10%投餌群では0.30~0.62、5%投餌群では0.1~0.58の範囲をそれぞれ示し、いずれも第4期(10月2日から10月16日)にもっとも高率の増重がみられる。

餌料係数は、15%投餌群が4.18でもっとも大きく、10%投餌群が2.99でこれに次ぎ、5%投餌群が2.09でもっとも小さく、投餌量に逆比例の関係が認められる。そして期間別ではいずれの群も第4期(10月2日から10月16日)に最大の効率を示す。

3) 変異度

飼育終了時(10月31日)における各群の全長および体重の変異度を求めたのが第244表である。すなわち15%投餌群、10%投餌群および5%投餌群の全長の変異度はそれぞれ 7.02 ± 0.30 、 7.55 ± 0.32 、 7.56 ± 0.28 で投餌量に逆比例の関係を示す。体重の変異度も同様の関係が認められる。

Table 244. Size of the fish at the end of rearing in relation to amount of food in one age group of *C. myriaster*. No., number of specimens.

Amount of food	No.	Total length (cm)			Body weight (g)		
		Range	Mean value	Coefficient of variation	Range	Mean value	Coefficient of variation
5 %	10	21.6~28.2	25.10 $\pm$ 0.42	7.56 $\pm$ 0.28	18.0~36.0	26.70 $\pm$ 1.13	19.85 $\pm$ 0.80
10 %	10	24.3~29.5	27.80 $\pm$ 0.47	7.55 $\pm$ 0.32	22.0~58.2	37.90 $\pm$ 1.39	17.15 $\pm$ 0.98
15 %	10	25.2~31.5	28.60 $\pm$ 0.43	7.02 $\pm$ 0.30	8.0~54.0	41.60 $\pm$ 1.68	18.57 $\pm$ 1.17

4. 放養密度と成長量との関係

測定結果を第245表に、また増重倍率、餌料係数および減耗率を第246表に示した。

Table 245. Results of Experiment (III) on the influence of the population density upon the growth in the one age group of *C. myriaster*. No., number of specimens.

Periods	Amount of reared conger eels per square meter (g)	Amount of cultured		Catch		Individual body weight (g)		Decreased		Increment of body weight (g)	Amount of food (g)
		Weight (g)	No.	Weight (g)	No.	Releasing time	Catch time	No.	Weight		
I	400	100.0	10	130.9	10	10.00	13.09	0	0	30.9	150.0
(Sept. 9	800	200.0	17	134.5	10	11.77	13.45	7	65.2	-65.5	293.5
~	1200	300.0	24	238.4	16	12.50	14.90	8	61.9	-61.6	429.0
Sept. 23)	400	100.0	8	95.6	8	12.62	12.07	0	0	-4.4	150.0
II	400	100.0	8	127.4	8	12.62	15.92	0	0	37.4	148.0
(Sept. 24	800	200.0	15	257.7	15	13.33	17.18	0	0	57.7	296.0
~	1200	300.0	21	401.3	21	14.28	19.11	0	0	101.3	444.0
Oct. 8)	382	95.6	8	125.0	8	11.95	15.62	0	0	29.4	142.0
III	400	100.0	6	159.5	6	16.66	26.58	0	0	59.5	150.0
(Oct. 9	800	200.0	12	281.5	12	16.66	23.45	0	0	81.5	290.0
~	1200	300.0	17	431.0	17	17.64	25.35	0	0	131.0	450.0
Oct. 24)	500	125.0	8	137.0	6	15.62	22.83	2	32.0	12.0	187.5
IV	400	100.0	4	121.0	4	25.00	30.25	0	0	21.0	120.0
(Oct. 24	800	200.0	9	271.0	9	22.22	30.11	0	0	71.0	220.0
~	1200	300.0	12	361.0	12	25.00	30.08	0	0	61.0	420.0
Nov. 7)	548	137.0	6	174.0	6	22.83	29.00	0	0	37.0	164.4

Table 246. Weight-multiplying rate (W), food quotient (F), decreasing rate (N) and average body weight(g) in one age group of *C. myriaster* in Experiment III (see Table 245). Mean value is parenthesized. m. b. w., mean of body weight.

Population density(g)	Period	I	II	III	IV	Average
400	W	0.31(0.31)	0.27(0.28)	0.60(0.59)	0.21(0.21)	0.35(0.35)
	F	4.85(4.83)	5.40(5.21)	2.52(2.52)	5.71(5.71)	4.62(4.56)
	N	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	m. b. w. (g)	13.09	15.92	26.58	30.25	21.46
800	W	-0.33(0.14)	0.29(0.29)	0.41(0.42)	0.35(0.35)	0.18(0.30)
	F	—(10.23)	5.12(5.11)	3.55(3.44)	3.09(3.00)	—(5.44)
	N	41.76	0.00	0.00	0.00	10.44
	m. b. w. (g)	13.45	17.18	23.45	30.11	21.04
1200	W	-0.31(0.19)	0.33(0.34)	0.43(0.44)	0.20(0.20)	0.16(0.29)
	F	—(7.50)	4.38(4.36)	3.43(3.42)	6.88(6.87)	—(5.54)
	N	33.33	0.00	0.00	0.00	8.33
	m. b. w. (g)	14.90	19.11	25.35	30.08	22.36
Un-adjusted density	W	-0.04(-0.04)	0.30(0.30)	0.10(0.46)	0.27(0.27)	0.16(0.25)
	F	—	4.86(4.82)	15.62(4.34)	4.44(4.44)	—
	N	0.00	0.00	25.00	0.00	6.25
	m. b. w. (g)	12.07	15.62	22.83	29.00	19.88

すなわち放養密度を異にする3つの群の成長量(第147図)は、各群とも第1・2期に比して第8・4期の方が著しく大きい。また第8期までは放養密度の大きい群ほど平均体重は大きい、第3期以後は放養密度の小さい群ほど成長量は大きくなる傾向がみられる。

ところで対照群(非補正群)の平均体重は、第1期に1.4gの減重を示したが、第2期以後は順当な成長を示した。しかし他の3群に比較すると成長量はもっとも小さい。

増重倍率と放養密度との関係は第146図のように、第1期では400g群のみ増重を示すが、他の2群ではい

ずれも減重している。これは斃死魚に起因するもので、800 g 群では8尾 (41.8%), 1,200 g 群では7尾 (33.0%) の減耗をみた。

全飼育期間における平均増重倍率は、400 g 群では0.35, 800 g 群では0.18, 1,200 g 群では0.16を示し、放養密度の小さい群ほど増重倍率は大きい。これらの関係は、放養密度を X , 増重倍率を W とすると、 $W = aX^b$ が成立し、指数 a は23.370, 係数 b は-0.711 が示される。

さらに餌料係数は、全期間*を通じ、400 g 群は4.56, 800 g 群は5.44, 1,200 g 群は5.54 をそれぞれ示し、放養密度の小さい群ほど餌料係数は大きく、それらの関係は放養密度を X , 餌料係数を F とすると、 $F = 0.012X + 4.204$ で示される。

減耗率は、第1期 (9月9日～9月23日) に800 g 群および1,200 g 群でそれぞれ41.8%, 33.3%, また第3期 (10月9日～10月23日) に対照群で2.5%がみられた。しかし400 g 群では全期間を通じて示されなかった。

Fig. 147. Relation between the population density and degrees of growth in one age group of *C. myriaster* rearing in aquarium. Periods are shown in Table 245. ○, 400 g per square meter; ●, 800 g per square meter; △, 1200 g per square meter; ×, 360 g per square meter (un-adjusted density group).

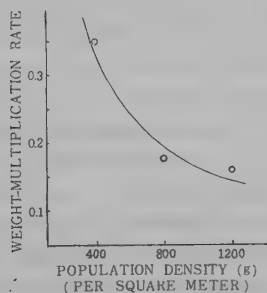
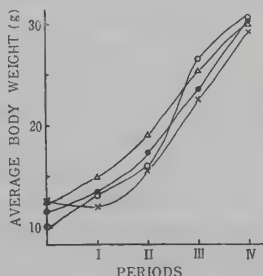


Fig. 148. Relation between population density and the weight-multiplying rate in one age group of *C. myriaster* rearing in aquarium.

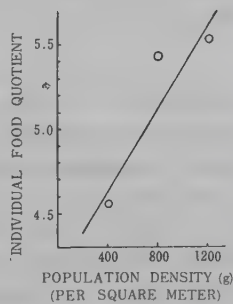


Fig. 149. Relation between population density and the food quotient in one age group of *C. myriaster* rearing in aquarium.

要約ならびに考察

春に変態を終えたマアナゴの稚魚群は、開けた沿岸の浅底水域に広く生息し、夏にはすでに平均全長16.67 cm, また体重は8.26 cmに達し、養成用種苗として適当な大きさに成長している。これらの当才未成魚の採捕は、水深1 mから17 mの範囲、とりわけ5 mから10 mの水深のところに群生している傾向がみられ

* 第1期に800 g 群, 1200 g 群および非補正群では減重を示し、比較できないので、平均体重による検討を加えた。

るので、網目の小さい曳網を使用すれば容易に漁獲することができるので、曳網の構造をより考慮すれば事業上必要量の養成用稚魚を採捕することは困難でない。

実験 2 の結果から、当才稚魚の適正投餌量を考察すると、5% および 10% 投餌群では全飼育期間中ほとんど残餌がなかったのに対し、15% 投餌群では前 2 群に比して残餌が多く、ほとんど毎日のようにみられた。この 15% 投餌群の全期間における摂餌率をみると第 150 図のように、第 1 期では 14.1%、第 2 期では 14.7%、第 3 期では 12.6%、第 4 期では 13.4%、および第 5 期では 9% をそれぞれ示し、飼育日数の増加とともに減少し、これらの平均値は 12.7%、すなわち平均残餌率は 2.3% である。一方、増重倍率、餌料係数には著しい影響が認められず、順当な成長が示されていることから、この時期の当才未成魚に対する 15% 投餌はやや過量であり、10~13% が適正投餌量であると考えられる。前章（第二章、初期未成魚）で、初期未成魚の適正投餌量は 17~18% であることを述べたが、これと比較すると著しく少ない。したがって成長に応じ体重の維持量を測定し、漸次増加する過餌量の除去に努める必要がある。この体重維持量は第 4 期お

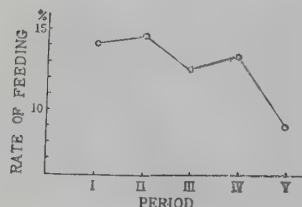


Fig. 150. Change of the rate of feeding at one age group of *C. myriaster* which feeding 15% of body weight in every day. Periods are shown in Table 242.

よび第 5 期における 5% 投餌群の増重倍率が、15%・10% 投餌群のそれに比して著しい差のないこと、また餌料係数が 15% および 10% 投餌群に比して著しくよいことなどから、この時期の当才未成魚の体重の維持量は 5% 以下であるものと推定される。

放養密度と増重倍率との関係は、放養密度の小さいものほど増重倍率は大きく、また前者と餌料係数との関係は放養密度が大きいほど餌料係数は大きくなり、効率は不良となる。

実験 3 の結果から、この時期の当才未成魚の適正放養密度を考察すると、もっとも放養密度の小さい 400 g 群が示す増重倍率は、800 g および 1,200 g 群のそれよりも著しくよいこと、しかも 400 g 群と 800 g 群の成長度は著しい差

が認められないこと、また 800 g・1,200 g 群の増重倍率および餌料係数には顕著な差異が示されないことなどから、適正放養密度は 1 平方 m 当り 400 g から 800 g の間にあるものと推定する。そして第 2 期以後の対照群（非補正群）の成長度は放養密度が 550~588 g に増加しているにもかかわらず良好であることからすると、1 平方 m 当りの適正放養密度は 800 g の方に偏るようである。またこの値は初期未成魚の適正密度と比較しておよそ 4 倍の値を示す。これは単位放養重量における尾数の相違によると思われる。松井（1952）は日本産ウナギで、久保田ら（1957）はドジョウで、放養密度が大きいほど増重倍率、平均体重は小さくなり、また餌料係数・減耗率は大きくなることを報告したが、これらの結果と本実験の結果を比較すると、ウナギでは増重倍率、餌料係数についてはよく一致するが、成長量および平均体重などでは相反する。またウナギ・ドジョウに比して著しく大きい放養密度で養成できる。これは松井（1952）がマスとウナギで比較したように、ウナギ・ドジョウは止水性であるが、マアナゴは流水性であり、養成方法の相違にもとづくものと考えられる。

摘 要

1. 夏における当才未成魚の生息場所、大きさ、これを養成用稚魚とするばあいの養成法とその効果についてしらべた。

2. 当才未成魚は夏には開けた沿岸の浅底水域に広く生息する。とくに水生植物の繁茂した水深 5~10m の泥底に群生している。

3. 春に変遷期を脱した稚魚は、夏にはすでに全長 12.0~22.0 cm、体重 4.0~12.0 g の当才未成魚に成長しており、養成用稚魚として適当である。

4. 夏における当才未成魚は、薄暮時小さい網目の曳網で容易に漁獲できる。
5. 投餌量は成長度・増重倍率に比例し、餌料係数・変異度に逆比例の関係を示す。
6. 放養密度 (X) と増重倍率 (W) との間では $W = a X^b$ の関係式が成立し、係数 b は -0.711 指数 a は 23.370 をそれぞれ示す。
7. 放養密度 (X) と餌料係数 (F) との間では $F = a X + b$ の関係式が成立し、 a は 0.0012 , b は 4.204 をそれぞれ示す。
8. 減耗は 8 月下旬に 1 平方 m 当り 800 g 群および 1,200 g 群にそれぞれ 41.8%, 33.3%, また 9 月下旬に非補正群に 25% みられた。
9. 当才未成魚の秋における養成では、適正投餌量は 10~13% 程度、また適正放養密度は 1 平方 m 当り 400~800 g 程度とそれぞれ推定した。

第四章 2 年魚以上の未成魚

Chapter IV. Immature fish older than two years

ま え が き

沿岸の遊潮池・廃止塩田・干拓地・低湿地帯などに適切な設備を施し、これらに経済性のある重要魚族を放養して、計画的な生産を計することは、沿岸漁業の現況に促した試みとしてその重要性を増してきた。

こうした見地から、1954 年以来マアナゴの未成魚を主体として、他にトラフグ、マダイ、ブリ (ハマチ)、クロダイなどを遊潮池* に放養し、それらの生息状態や養成効果について実験を繰返してきたが、放養魚はいずれも予期以上の逸脱や魚体の損傷があり、加うるに遊潮池が放養池として不完全なため、池中での再採捕ができず、養成効果を測定することがほとんどできなかった。すなわち予備実験の段階を脱していない。したがって養成に関して行うことができたのは、わずかに 2・3 の蓄養実験に止まる。本章では水温に対するこの時期の魚体の抵抗力、消化速度および夏・秋・冬における蓄養の養成とその効果について述べる。

実験の材料および方法

水温の変化と止水環境が魚体におよぼす影響についての実験では、10~15°C の水温環境で、およそ 1 カ月飼育した全長 22.5~24.1 cm の魚体を供試し、これを小型水槽 (容量 10ℓ) に海水約 6ℓ を入れて止水環境をつくり、サーモレギュレーターを使用して実験当初の常水温 10.0~12.0°C から 15 分間隔に 2°C ずつ上昇あるいは降下せしめ、斃死あるいは斃死直前までの状態を観察した。また、この結果にもとづいて 20~26°C の水温環境で 10~20 日間飼育した全長 22.5~32.5 cm の魚を、上記の方法で水温の上昇をはかり、比較的高温になれた魚が 28°C の止水環境で示す抵抗力についてしらべた。

消化速度に関する実験では、夏 (25.1~28.5°C) および秋 (11.0~18.3°C) の水温環境にそれぞれ順応したものに、ニクハゼ *Chaenogobius heptacanthus* を与えて吞込ませ、規定時間 (10・15・20・25・30 各時間) 後に固定し、餌の消化程度を観察した。

混養実験は、1956 年 8 月 7 日から 10 月 24 日まで行ない、大浦池 (第 151 図) の比較的深い所 (干潮時の水深 1.8 m) に竹籠 (底径 1.5 m、高さ 1.4 m の円筒型) を設置し、これにマアナゴ 5 尾、マダイ 2 尾、トラフグ 5 尾の 3 種を混養し、放養時の総体重に対する 10% の餌量を与え (毎日 1 回投餌、投餌時間 10 時)、翌朝残餌を秤量した。なお、生息状態の比較として、室内水槽 (長さ 2.00 m、深さ 0.60 m、幅 0.56 m) にマアナゴ、ササノハベラ、クロダイ、マダイ、クロウシノシタ、オニオコゼ、トラフグおよびキュウセンの 8 種を混養して観察した。

* 山口県熊毛郡田布施町馬島大浦池

秋の蕃養実験は、1956年11月4日から1957年1月10日まで大浦池で行った。この供試魚はおよそ1カ月水槽で飼育し餌付けしたものを用いた。実験池として3面張り金網(縦・横・高さ各2m)2個と竹籠(底径1.5, 高さ1.4cm円筒型)を用いた。1号・2号池は金網とし、それぞれに隠れ場として前者には竹筒(径5~6cm, 長さ30~40cm), 後者には竹筒と筵を置いた。3号・4号池は竹籠を用い、それぞれに筵を入れた。放養尾数は1号池10尾(全長26.7~40.8cm), 2号池10尾(全長28.8~40.8cm), 3号池20尾(全長25.8~35.5cm), 4号池30尾(全長25.7~38.2cm)で、投餌量は1号・2号・3号は5%, 4号は10%(放養時の総魚体に対する割合の餌量)の餌量を与えた。さらに比較実験として1955年10月11日から12月10日まで、平生湾で竹籠を用いて行った。実験籠は1・2・3号とし、1号籠に10尾(全長20.2~24.5cm), 2号籠に10尾(全長25.6~29.8cm), 3号籠に7尾(全長20.7~25.0cm)を放養し、餌量は1号5%, 2号10%, 3号無投餌とした。そして籠内には1号・3号籠は筵, 2号籠は大型の石を数個置いた。

冬の蕃養試験は、1956年1月14日から2月19日まで、1956年2月14日から3月19日までの2回に分けて大浦池で行った。実験池は竹籠で、1号に15尾(全長16.8~21.8cm), 2号にも15尾(全長20.6~25.4cm)放養した。餌はいずれも与えず無投餌の状態で放置した。また両者ともに筵を入れた。

増重倍率(W), 減重率(W')は前章で行ったと同じ方法で算定した。

養成実験で用いた餌は第247表の通りである。これらのうち、エビ類、テンジクダイ、ゲンコなどをもっとも多く投与した。

Table 247. Food used for culture of immature of *C. myriaster* older than two years.

Jap. name	Scientific name
Pisces	
Katakuchiiwashi	<i>Engraulis japonica</i>
Akahaze	<i>Chaeturichthys hexanema</i>
Genko	<i>Areliscus interruptus</i>
Tengikudai	<i>Apogon lineatus</i>
Nenbutudai	<i>Apogon semilineatus</i>
Kochi	<i>Platycephalus indicus</i>
Inegochi	<i>Cociella crocodila</i>
Maazi	<i>Trachurus japonicus</i>
Ganzōbirame	<i>Pseudorhombus cinnamomeus</i>
Suzumedai	<i>Chromis notatus</i>
Ainame	<i>Hexagrammos otakii</i>
Simaushinosita	<i>Zebrias zebra</i>
Kuroushinosisita	<i>Rhinoplagusia japonica</i>
Hotarujako	<i>Acropoma japonicum</i>
Macrura	
Kishiebi	<i>Metapenaeopsis dalei</i>
Akaebi	<i>M. acclivis</i>
Toraebi	<i>M. barbatus</i>
Moebi	<i>Metapenaeus affinis</i>
molluscan	Decapoda
Himekōika	<i>Sepia kobeensis</i>
Mimiika	<i>Euprymna berryi</i>

以上の飼育実験を行った大浦池は、田名臨海実験場から南方約2哩の位置にある馬島にあり、第155図に示したように約33,058平方mの面積を有する。東側、南側および北側は幅約6mの堤防で海と接し、池底は一部が砂、大部分が砂泥質である。大潮時（1955年12月29日から31日）および小潮時（1956年2月4日）の池中および堤防外壁の水位は第152図のようで、池中での大潮時の最大潮位差は約1.02mで、海における潮位差（約3.17m）のおよそ1/3を示すが、小潮時には池中の最大潮位差はおよそ29cmで、ほとんど止水環境となる。池中水温は上述のように水深が浅く、面積が狭小であり、また周辺の地形が平坦で遮蔽物がないので、自然の天候気象に左右されやすい。すなわち夏は著しく高温に、冬は低温に偏し、かつ日中変化（第153図）が激しく、一般にみられる共通した不適条件をそなえる。

池中に生息する生物は比較的豊富で、魚類、タコ類、シャコ類、エビ・カニ類、ヤドカリ類、二枚貝および巻貝類などが生息する。

実験結果

1. 水温の変化と止水環境が魚体におよぼす影響

1) 水温の上昇

常水温 10.0~15.0°C で飼育したこの時期の魚を、水温 12°C の止水環境に移し、徐々に水温を上昇したばあい の 斃死温度は 28°C（第248表）で比較的低い。常態から斃死に至る魚体の状態変化の経過は： a) 鰓蓋搏動数の増加（静止あるいは静止的な蛇行運動が行われ、しだいに口および鰓蓋の開きが大きくなる）。 b) 異状游泳（体の傾斜、後退運動、尾部の異状彎曲、不規則な蛇行運動、頭部を上方に曲げ、吻の先端を水面に出して游泳する状態、緩慢な回転動作などが起こる）。 c) 狂奔（斃死まで数回この状態を示し、この間に横臥がみられる）。 d) 横臥、仮死。 e) 痙攣（最後の狂奔に続いて痙攣が起る。口および鰓蓋は開放状態となる）。 f) 斃死（痙攣から数秒で動かなくなり絶命する）。

鰓蓋搏動数は 12~20°C まではほぼ一定し、静止状態で



Fig. 151. The sketch-chart of Ōura-ike. Broken lines in the pond are wire netting wall. Scale indicates 30 m.

Table 248. Change of the beat counts (per min.) of opercle and body condition in various water temperature. Sample: total length in cm, 26.5 and 22.3.

Water temp. (°C)	Beat counts of opercle (per min.)	Body condition	Notes
12	44.3	normal, slowly moving	
14	46.3	"	
16	45.7	"	
18	41.3	normal, state of repose	
20	41.0	"	
22	60.0	normal, slowly moving	
24	54.0	normal, state of repose	
26	70.0	abnormal, breath hard	
28	78.3	rush about, fall into convulsions, died	2 hrs. 15 mins. after reception

41.0~46.3/分, 22°C では静止状態で 70/分, 28°C では著しく増加し, 最高 78.3/分となり, しいに狂奔状態を呈し, まもなく平衡を失い, ついに痙攣を起して死に至る (第249表)。

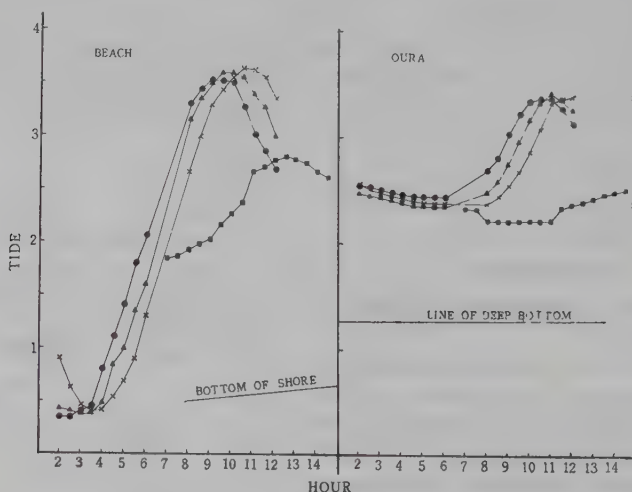


Fig. 152. The level of water in culture-pond (*Ôura-ike*) and beach in time of spring and neap tide. Spring tide, Dec. 29~31, 1955; neap tide, Feb. 11, 1956; ●, Dec. 29, 1955; ▲, Dec. 30, 1955. ×, Dec. 31, 1955; ■, Feb. 11, 1956. Concerning with the bottom lines, ordinate of *Ôura-ike* represents schematic locality of bank, both branches mean the height from the standard point while abscissae are symbolizing the distance from the bank. Unit of vertical axis, m.

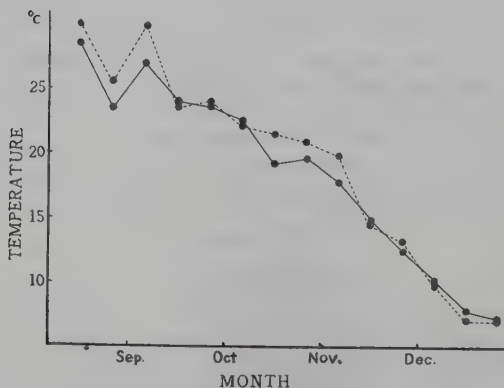


Fig. 153. Variation of the water and atmospheric temperature during the culturing period of *C. myriaster* in *Ôura-ike*. The broken line represents atmospheric temperature.

さらに、夏 20~26°C の水温下で生活した魚を、28°C の止水環境にねいたばあいの状態は、第248表に示したように 30°C 近くで異状が現われ、34°C ではじめて狂奔状態となり、まもなく斃死した。

また、25~26°C の環境水温に馴れた魚を、28°C の止水に収容し、斃死時間およびその間の状態を観察した結果（第250表）、もっとも早く狂奔状態を生じたものは、収容後 2 時間 15 分、もっとも遅いもので 2 時間 30 分、また斃死はもっとも早いもので 3 時間 45 分、遅いもので 4 時間 9 分である。

Table 249. Change of the beat counts of opercle and body condition in immature fish of *C. myriaster* at various water temperature. The case making an attempt to rise water temperature from 20°C in aquarium. Samples: total length in cm, 28.7 and 26.3.

Water temperature	Beat count of opercle	Body condition	Note
20	71.7	normal condition, slowly moving	
22	69.7	"	
24	72.7	"	
26	72.3	"	
28	64.3	breath hard	
30	74.7	abnormal condition, quickly moving	
32	96.3	quickly moving	
34	101.7	rush about fall into convulsions, died	2 h. 10 mins. after reception

Table 250. Life of *C. myriaster* under stopped condition of circulation of the water at 28.0°C in aquarium. Ab, abnormal condition; R, rush about; Di, died; elapsed time after reception is put in parenthesis.

Items Aquarium No.	Sample		Observation			Beat counts of opercle		
	T L (cm)	B W (g)	A a	R b	D i	2.00 h.	2.40 h.	3.30 h.
1	40.5	90	(1.52)	(2.15)	(4.09)	65	57	50
2	41.2	108		(2.23)	(4.00)	67	65	58
3	39.3	78	(2.20)	(2.30)	(3.45)	63	48	46

Table 251. Change of the beat counts of opercle and body condition in immature fish of *C. myriaster* at various water temperature. The case making an attempt to drop water temperature (11.0°C). Samples: total length in cm, 26.4 and 25.8.

Water temperature (°C)	Beat count of opercle (pe min.)	Body condition	Note
10	32.5	normal, slowly moving	
8	26.5	normal, state of repose	
6	20.3	"	
4	14.7	"	
2	8.7	pectoral fin adhere closely to body and lose a balance	
0	5.0	quiet condition	
-1	—	rush about, fall into convulsions asphyxia	1 h. 50 mins. after reception

井伊ら (1952) は、飼育池の断水と魚の斃死時間およびその経過について観察し、水温 11.4~12.7°C では、もっとも早いものは12時間で狂奔状態となり、13時間で斃死し、23時間30分では全部斃死したことを報告している。この結果からみると、高い水温で止水状態になったばかり、きわめて短かい時間に斃死する現象がみられる。

2) 水温の降下

常水温 10.0~15.0°C の環境水温に馴れた魚を、11.0°C の止水状態の容器に収容し、徐々に水温を降下したばかりの状態を第250表に示した。

水温の降下とともに、鰓蓋搏動数は減滞するが、異状遊泳は0°Cにおいてもみられず、静止状態がつづき、-1°Cで始めて狂奔状態を生じ、鰓蓋搏動は停止し、仮死状態*を示した。

さらに冬 (1月10日)、比重 1.010~1.025 の範圍を6つの階級に分けた海水をつくり、これに10°C~15°C の水温に順応した魚を水温 6~10°C の止水環境に収容して斃死時間をしらべた結果、いずれの比重範圍においても90日**以上も斃死しなかった。

冬期間における養魚池の池中水温と放養魚の状態をみると、1956年12月10日の急激な水温降下(最低3.0°C)時に、ハマチは全部斃死し、トラフグの大部分は仮死状態、キス(全長10.2 cm)、コノシロ(全長12.3 cm)、サヨリ(全長13.0 cm)がそれぞれ1尾斃死した。しかしマアナゴのほかボラ、クロダイおよび池に自然繁殖するニクハゼ、ドロマなどにはなんらの異状も認められなかった。また1958年1月18日の水温低下時(最低1°C)には、サヨリ、クロダイが斃死したが、マアナゴ、ボラおよびクルマエビにはなんらの異状を認めなかった。

このようにマアナゴは低水温に対しては比較的抵抗性が強いようである。

2. 消化速度について

魚類が餌を消化するに要する時間は、捕食魚の種類と水温および被食者の種類や大きさによって異なる(末広, 1951)。

ニクハゼを捕食させたばかりの結果を第253表に示した。

この表が示すように、夏も冬もほぼ30時間で消化することがわかる。しかし、秋の観察ではいくらか早く消化されている。

Table 252. Condition of prey (*Chaenogobius heptacanthus*) in each elapsed time after swallowed by predator, *C. myriaster*.

Experiments		Total length(cm)		Predator Prey	Observation
Water temp. (°C)	Elapsed times	Prey	Predator		
25.5~ 28.5	10	6.0	34.3	5.72	scales fall off
	25	4.5	29.2	6.49	digested except for head and a part of trunk
	30	6.1	36.0	5.90	perfectly digested
11.0~ 18.3	15	3.7	27.9	7.54	scales fall off, caudal digested, cuticle partly digested
	20	3.9	24.5	6.24	cuticle and caudal digested
	25	4.4	23.4	5.09	digested except for head
	30	3.7	29.6	6.11	perfectly digested

* この状態においても、もとの水温に収容すると蘇生する。

** 3月中旬室内の温度上昇にともなって水温が上昇したので実験を中止した。

3. 養 養

1) 混 養

養成結果は第253表の通りである。マアナゴの減重は昼間投餌であるから、投餌餌料に対する捕食の機会がないことに起因し、トラフグの減重は、5尾のうちの3尾はきわめて捕食行動が活発であるのに対して、他の2尾は捕食力がなく、投餌は前者によって占められたため、すなわち摂餌の偏りに起因し、マダイの増重は、3尾のトラフグと同じように捕食が活発であるためである。なお、放養魚相互間の捕食関係はみられなかった。

室内水槽の観察では、昼間投餌においてトラフグ、マダイおよびクロダイの捕食行動がもっとも優勢であり、ササノハベラがこれらにつぐ。しかしクロウシノシタ、オニオコゼおよびマアナゴはともに消極的である。夜間投餌ではマアナゴとクロダイがもっとも活発であり、クロウシノシタ、オニオコゼがそれぞれ積極性を示す。なお、マアナゴとササノハベラの2種のみ同時に放養し、1個の隠れ場をおき、極端に水量を少なくして投餌すると、隠れ場を占めるためと捕食するための2つの闘争を生じる。そしてそれは後者の方がいずれも優勢である。しかし、他の魚種とマアナゴの間ではこうした行動はみられなかった。

Table 253. Result of mixed culture of the three species, *C. myriaster*, *Fugu rubripes* and *Chrysophrys major* in Ōura-pond. Concerning with food rate and decreasing rate, see p. 288.

Species	Total length (cm)	Culturing period(days)	Food rate (%)	Amount of food (g)	At time of stocking	
					Total body weight(g)	Number of fish
<i>C. myriaster</i>	32.2~45.4 (36.0±0.33)	Aug. 11~Oct. 24(75)	10	1409.7	381	5
<i>F. rubripes</i>		Aug. 25~Oct. 24(61)			1360	5
<i>Chrysophrys major</i>		Aug. 7~Oct. 24(79)			35	2
At time of catching		Average body weight		Weight-multi- plicating rate	Decreasing rate	
Total body weight(g)	Number of fish	At time of stocking	At time of catching			
281	4	76.2	70.3	0.40	0.08	
1269	5	272.0	253.8			
37	2	13.2	18.5			

2) 秋期間の養成とその効果

結果を第254・255・256表に示した。池中養成(第254表)では、捕食は夏のそれに比してやや活発であるが、池中環境にあるためしばしば残餌が示された。この間摂餌量は餌の種類によって多少相違し、マアザ、ホンサバ、カタクチイワシなどを投与したばあいは各池ともに摂餌状態がよく、テンダクダイ、ガンゾウビラメ、ゲンコなどを与えたばあいは捕食は低下した。

各池ともにそれぞれ増重が示され、増重倍率は3号池がもっとも大きく、ついで4号池、2号池、1号池の順に小さい。すなわち投餌量および放養密度による差はこの状態では示されていない。むしろ成長段階による傾向的な増重がみられる(第255表)。

一方、平井湾内での密養実験(第256表)では、全長の小さい1号籠のものがわずかに増重しているが、他はいずれも減重している。とくに2号籠と3号籠のものは逃避行動による尾部末端部の損傷がはげしく、したがって2号池の消失した餌量が全部捕食によると考えられない点がある。とくに2号池の魚は他の籠の

ものに比して尾部末端部の損傷が著しいことが認められた。すなわち隠れ場としての籠の効果が示されている。

Table 254. Result of the preserve culture of *C. myriaster* in the pond, in autumn. Pond, see p. 319.

Items Pond	Culturing period (days)	Total length (cm)	Food rate %	At time of stocking		Escaped
				Sum of body weight(g)	Number of fish	
I	Nov. 4~ Jan. 10(67)	26.7~40.8 32.6±0.60	5	1010	20	1
II	Nov. 4~ Jan. 10(67)	28.8~40.8 33.3±0.44	5	1854	30	1
III	Nov. 7~ Jan. 10(64)	25.8~35.5 28.1±0.40	5	494	20	0
IV	Nov. 8~ Jan. 10(63)	25.7~38.2 30.30±0.57	10	809	20	0

	At time of catching		Average body weight (g)		Weight-multipli- cating rate
	Sum of body weight(g)	Number of fish	Stocking	Catching	
	980	19	50.5	51.6	0.02
	1877	29	61.8	64.7	0.05
	625	20	24.7	31.3	0.27
	912	20	40.5	45.6	0.13

Table 255. The weight-multiplying rate in each section of total length of *C. myriaster* culturing in Ōura-ike. Number of specimens cultured is parenthesized.

Items	Range of total length(cm)	25 ~ 30	30 ~ 35	35 ~ 40	40 ~ 45
		(31)	(29)	(12)	(3)
Average body weight(g) at time of stocking		25.1	43.5	69.0	89.2
Average body weight(g) at time of catching		30.3	48.9	69.2	96.2
Weight-multiplying rate		0.21	0.12	0.003	0.08

Table 256. Result of the preserve culture of *C. myriaster* in Hirao Bay, in autumn. Basket, see p. 320.

Basket	Culturing period	Water temperature (°C)	Total length (cm)	Food rate (%)	Amount of food(g)	At time of stocking	
						Sum of body weight(g)	Number of fish
1	Oct. 11~ Nov. 10	11.7~18.0	20.2~24.5 23.1±0.21	5	590.4	246.0	10
2	Oct. 11~ Nov. 10	11.7~18.0	25.6~29.8 27.4±0.11	10	1238.4	344.0	10
3	Nov. 11~ Dec. 10	12.2~19.0	20.7~25.0 22.7±0.12	—	—	179.0	7

Escaped	At time of catching		Averag body weight(g)		Weight-multiplicating rate	Decreasing rate
	Sum of body weight(g)	Number of fish	Stocking	Catching		
3	194.00	7	24.6	27.71	0.13	—
3	179.00	7	34.40	25.56	—	0.26
0	161.00	7	25.56	31.80	—	0.10

3) 冬期間の蓄養

結果を第257表に示した。すなわちいずれの籠においてもわずかに減重し、体色は本来の茶褐色から黒褐色に変化した。しかし両者ともに尾部末端部の損傷はあまり認められなかった。

Table 257. Result of the preserve culture of *C. myriaster* in Ōura-ike, in winter.

Experiment	Items	Period of culturing	Water temperature (°C)	Total length (cm)	Food rate	At time of stocking	
						Sum of body weight(g)	Number of fish
1		Jan. 14~ Feb. 19	5.5~10.5	16.8~21.7 19.1±0.13	0	516.0	15
2		Feb. 14~ Mar. 19	8.0~13.1	20.6~25.4 23.4±0.23	0	965.0	15

Escaped	At time of catching		Average body weight(g)		Decreasing rate
	Sum of body weight(g)	Number of fish	Stocking	Catching	
5	318.0	10	34.40	31.80	0.076
1	887.0	14	68.93	63.37	0.070

考 察

以上の結果から、この時期のマアナゴを大浦池で養成するばあいについて考察すると、この池は水深がきわめて浅く、気温と水温がほぼ一致し、日中変化が著しく、夏は著しく高温（28~33°C）に、冬は低温（6~1°C）になる。そして小潮時には池水の流動量が少なく、長時間止水状態を生ずる。ことに夏における止水環境と水温の上昇は潜行動をとるとしても比較的高温に弱いことから、魚体におよぼす影響はかなり大きいとみられる。しかしながら、上述のいずれの蓄養においても著しい減重がなく、また斃死魚がみられなかったことから、外岸の海水が常時流入するように水門や池の構造を設備して流動量を増大し、水温の激変（馬島周辺水域の年間水温は9.0~27.0°C前後でマアナゴの好適水温範囲にある）、酸素量の欠乏、水質の悪化および運動量の低下などに対処するならば、本種の養成は、他のブリ、クロダイ、マダイ、トラフグなどと混養のかたちでも有効な結果が得られると思われる。

摘 要

1. 2年魚以上の未成魚について、止水環境と水温の変化に対する抵抗力、消化速度および夏から冬の期間の蓄養とその効果について観察した。

2. 水温を上昇させればあいの斃死温度は、生息した環境水温によって相違するが、20~26°Cに馴れたものは34°C、10~15°Cになれたものは28°Cで斃死した。

3. 水温 25~26°C になれたマアサゴを 28°C の止水環境に放置すると 3 時間 45 分から 4 時間 9 分の間に斃死した。

4. 環境水温 10~15°C になれたものを 11.0°C の止水環境に移して徐々に水温を下げると、-1°C で斃死した。

5. 水温 10~6°C の止水環境に収容して放置したばあい 90 日以上生存した。

6. 水温 25.0~28.5°C および 11.0~18.0°C の環境水温下で、ニクハゼを捕食させたばあい完全消化に要する時間はいずれもおおよそ 30 時間である。

7. 他魚種との混養は、餌量あるいは投餌時期を考慮すれば可能である。

8. 秋の養蚕では、捕食が認められ増重を示した。全長別の増重は 30 cm 以下のものがそれ以上のものより高率である。

9. 冬の養蚕では、すべて減重を示し、体色は顕著に茶褐色から黒褐色に変化した。斃死魚は出現しなかった。

10. 養蚕籠内の隠れ場としての簾の使用は有効である。

11. 鹹水池で養成するばあいは、深くかつ海水が十分流入し、池水全体が常に流動するような水門を設け、池の構造を考慮することが必要である。

第四篇 繁殖の保護および助長に関する考察

Part IV. Proposed system of conservation

まえがき

周防灘水域に生息するハモおよびマアナゴの資源量、自然増加および減少量などについては現在不明であって、積極的増殖計画については担当資源研究機関の詳細な生産計画をまたなければならない。しかし一般には漁獲力の著しい増加によって、これらの資源量は年々減少の状態において、漁獲の増加が計られている傾向にあると考えられている。

著者はすでに述べた研究範囲における知見にもとづいて、増殖学的立場から周防灘水域に生息するこれら2種の資源の保護助長に関する2・3の施策について考察を試みることにした。

考 察

1. 親 魚

1) 禁漁期と禁漁区

周防灘水域に生息するハモは7月下旬から9月にわたって産卵するが、とりわけその盛期は8月中旬から下旬である。周防灘東部関係組合（山口県熊毛郡）の漁獲量集計によると、産卵期間に漁獲される量はおよそ3万貫に達し、そのほとんどが親魚である。

山口県小型機船底曳網漁業調整規則(第32条)は、底生魚類およびエビ類の保護を目的として、内海水域で操業する小型機船底曳網漁業に対して、前期（4月21日から5月10日まで）および後期（9月1日から9月20日まで）2回の操業禁止期間を規定している。ところでその後期の禁漁期間の目的に該当する水族は主としてエビ類であり、魚類ではハモ1種が該当する。エビ類は6月中旬頃から10月中旬頃まで産卵が行なわれ、とくに7・8月の夏に産卵するものが多い。前川と八柳（1953）によると、アカエビの産卵期は6月から9月、盛期は7・8月、トラエビは8月から10月、盛期は9月、サルエビは6月から10月、盛期は7・8月頃である。

すなわち後期の禁漁期は、トラエビ・サルエビにもっとも適しているようであるが、他の重要エビ類およびハモには効果の重心範囲からやや離れている。しかしエビ類の成長および増殖力はきわめて大である（前川と八柳，1953）からむしろこの時期の目的種はもっとも重要なハモに対して重点的な施策が講じられることが望ましい。こうした見地からすれば、ハモの禁漁期は8月15日から9月5日までの間に存在することがもっとも適当と思われる。

また、産卵水域にある期間禁漁区を設定することも有効と思われる。

2) 雌親魚の採捕禁止（還元放流）

ハモの抱卵数はウナギ・マアナゴ・クロアナゴにくらべて著しく少なく、およそ18～120万粒である。しかも環境変化の著しい沿岸水域で産卵および発生が行われる。成熟の雄の親魚（俗にボテとよんでいる）は産卵期を中心としてかなりの量が漁獲されるが、雌は全体的には雄に比して著しく少ない。よって成熟と完熟、あるいは完熟魚（一見して完熟の雌はわかる。腹部の膨隆が著しい）を保護するため採捕を禁止し、採捕されたばあい放流することが有効であると考えられる。

2. 仔魚、稚魚および初期の末成魚

1) 生息場所の保護

マアナゴの仔魚は春に沿岸に接近して変態期に入り、さらに稚魚は浅底水域に移動して成長し、夏をきけて秋再び浅底水域を群遊し、生活する。とくに変態期に入ること沿岸の流れのゆるやかな場所に群生する。

そしてそこで定着し、褐藻やアマモ群落の発達した底層に降下して変態を完了する。このようにマアナゴは沿岸の藻場水域や干潟水域との関係が密接であるから、このような場所における水質の汚濁防止、干潟や藻場水域の保護、接岸盛期における群生場所での操業禁止などが有効である。

2) 種 苗 確 保

春、カタクチイワシやイカナゴを目的として操業するイワシ船曳網には、マアナゴの仔魚がしばしば一時に多量に漁獲される。水揚げによって死亡した仔魚はクラゲ類とともに、全く利用価値のないものとなる。

これらの仔魚は容易に飼育できるものであり、養成種苗として、また短期飼育によって延縄などの餌として利用価値が高いもので、種苗を確保することが望ましい。しかしそのためには仔魚を飼育する養成池と機関が必要である。周防灘中部水域ではこのほかに建網、旋網および曳網などの漁具で、スズキ、マダイ、クロダイ、ボラ、トラフグおよびブリなど養成に適するような稚魚および未成魚がそれぞれの時期に多量に漁獲されており、沿岸有用水族の全体的助長事業の育成強化をはかり、そのなかに本種を含め、この資源を高度に利用することは増殖ならびに漁家の福利に益する点が大いと考ええる。

摘 要

1. 周防灘水域に生息するハモおよびマアナゴの資源保護および助長の方途に関し、増殖学的な見地から適当と思われる 2・3 の問題について考察した。
2. 周防灘水域では盛漁期と産卵盛期が一致し、多量の成熟・完熟親魚が漁獲されている。この一時期に禁漁期あるいは禁漁区を設けることが望ましい。
3. とくに完熟の雌は少ないので、採捕を禁止し、漁獲されたばあい放流することが望ましい。
4. 春マアナゴの仔魚が群生する場所を保護することが望ましい。

主要参考文献

Literature

- ABE, M., 1939: A list of the fishes of the Palao Islands. Palao Tropical Biological Station Studies, 4.
- 相川 広秋, 1934: 日本本土周辺大陸棚の肥沃度に就いて. 水産学会報, 6 (2).
- , 1936: 本邦沿岸漁場の底棲生物の性状, 日本近海に於ける大陸棚 (沿岸漁場) 調査. 水試報, (7).
- , 1942: 海の資源. 天然社, 東京.
- , 1948: 水族生態学概論. 東洋書館, 東京.
- , 1949: 水産資源学総論. 産業図書株式会社, 東京.
- AOYAGI, H., 1943: Coral fishes. Maruzen Co., Tokyo.
- 浅野 博利, 1955 a: 本邦産アナゴ科魚類の側線鱗の形態. 科学, 25 (12).
- , 1955 b: アナゴ類消化管内にみられる異種アナゴ類の幼魚. 採集と飼育, 17 (9).
- , 1956: 日本産アナゴ科魚類の研究. 京大. 農. 水産, プリント.
- BEEBE, W., 1935 a: Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Derichthyidae. Zoologica, 20 (1).
- , 1935 b: Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Nessorhamphidae. Zoologica, 20 (2).
- & J. CRANE, 1936: Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Serrivomeridae. Zoologica, 20 (3).
- & ———, 1937 a: Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Nemichthyidae. Zoologica, 22 (4).
- & ———, 1937 b: Deep-sea fishes of the Bermuda Oceanographic Expeditions. Family Serrivomeridae. Part II: Genus *Platurorides*. Zoologica, 22 (4).
- BELLENI, A., 1907: Experiences sur l'élevage de l'Anguille en stabulation à Comacchio. Bull. Soc. Centr. Aquic. Pêche, 19.
- BERG, L. S., 1940: Classification of fishes, both recent and fossil. Trav. l'Inst. Zool. l'Acad. Sci. l'URSS, 5 (2).
- BERNDT, O., 1936: Morphologie und Histologie des Rumpfdarmes von *Anguilla fluviatilis* und die Veränderungen desselben im Individualzyklus. Zool. Jahrb. Anat. Ont., 64.
- BERTIN, L., 1926: Les migrations de l'anus au cours de la métamorphose chez les Poissons Apodes. Bull. Soc. Zool. France, 51.
- , 1956: Eels. A biological study. Cleaver-Hume Press Ltd., London.
- BORODIN, N. A., 1932: Scientific results of the yacht "Alva" world cruise July, 1931 to March, 1932, in command of William K. VANDERBILT. Fishes. Bull. Vanderbilt Mar. Mus., 1 (3).
- BREVOORT, J. C., 1856: Notes on some figures of Japanese fish taken from recent specimens by the artists of the U. S. Japan Expedition. Washington.
- BRUUN, A. F., 1937: Contributions to the life histories of the deep sea eels: Synphobranchidae. The Carlsberg Foundation's Oceanographical Expedition Round the World 1928—'30, 2 (9).
- & B. HEIBERG, 1932: The "Red Disease" of the eel in Danish waters. Medd. Komm. Danmarks Fisk. Havund. Fiskeri, 9 (6).
- , A. F. HEMMINGSEN & E. MOLLER-CHRISTENSEN, 1949: Attempts to induce experimentally maturation of the gonads of the European eel, *Anguilla anguilla* L.,

- Acta Endocrinologica, **2**(3).
- CHEN, J., 1929: A review of the apodal fishes of Kwangtung. Bull. Biol. Dept. Sci. Coll., Sun Yat-sin Univ., **1**(1).
- CUNNINGHAM, 1891: On the reproduction and development of *Conger*. Journ. Mar. Biol. Assoc., **9**.
- DELSMAN, H. C., 1927: On the distribution of the freshwater eels on Java. Treubia, **9**(4).
- , 1929 a: The distribution of freshwater eels on the Greater Sunda Islands. Proc. Fourth Pacific Sci. Congress, **3**.
- , 1929 b: The study of pelagic-eggs. Proc. Fourth Pacific Sci. Congress, **3**.
- , 1929 c: The distribution of freshwater eels in Sumatra and Borneo. Treubia, **11**.
- EGE, V., 1939: A revision of the genus *Anguilla* SHAW, a systematic, phylogenetic and geographical study. Dana Report, **16**.
- 江草 周三, 1950: マボラの後期稚魚期に於ける食性に関する二三. 日水誌, **15**(11).
- EHRENBAUM, E., 1930: Der Flusssaal. *Anguilla vulgaris* TURT. Handbuch der Binnenfishcherei Mittel Europas, **3**.
- & T. MARUKAWA, 1913: Ueber Altersbestimmung und Wachstum beim Aale. Zeits. Fisch., **14**(2).
- EIGENMANN, C. H., 1901: The egg and development of the conger eel. Bull. U. S. Fish. Comm., **21**.
- EVERMANN, B. W. & T. H. SHAW, 1927: Fishes from eastern China, with descriptions of new species. Proc. California Acad. Sci., Fourth Ser. **16**(14).
- FORD, E., 1931: Changes in length during the larval life and metamorphosis of the freshwater eel. (*Anguilla vulgaris* TURT). Journ. Mar. Biol. Assoc., **17**(3).
- FOWLER, H. W., 1928: The fishes of Oceania. Mem. Bernice P. Bishop Mus., **10**.
- , 1931: Studies of Hong Kong fishes, No. II. Hong Kong Naturalist, **2**(4).
- , 1932: A synopsis of the fishes of China. Part III. Hong Kong Naturalist, **3**(1).
- , 1938 a: A list of the fishes known from Malaya. Fish. Bull. Singapore, **1**.
- , 1938 b: The fishes of the George Vanderbilt South Pacific Expedition, 1937. Monogr. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, **2**.
- & B. A. BEAN, 1922: Fishes from Formosa and Philippine Islands. Proc. U. S. Nat. Mus., **62**(2).
- FRANZ, V., 1910: Die japanischen Knochenfische der Sammlungen Haberer und Doflein. In Beiträge zur Naturgeschichte Ostasiens. Klasse der K. Bayer. Akad. der Wiss., **4**(1).
- 藤田 政勝, 1906: ウナギとアナゴの稚魚. 動雑, **18**(208).
- , 1932: 鰻仔といわれるレプトに就いて. 楽水, **28**(10).
- GILL, T. N., 1891: The osteological characteristics of the family Anguillidae. Proc. U. S. Nat. Mus., **13**.
- GILSON, G., 1908: L'Anguille, sa reproduction, ses migrations et son intérêt économique en Belgique. Ann. Soc. Roy. Zool. Malac. Belgique, **43**.
- GOLDSCHMIDT, R., 1931: Die sexuellen Zwischenstufen. Monographien aus dem Gesamtgebiet der Physiologie der Pflanzen und der Tiere, **23**.
- , 1936: A note concerning the adaptation of geographic races of *Lymantria dispar* L. to the seasonal cycle in Japan. Amer. Nat., **72**.
- GOSLINE, W. A., 1950: The osteology and relationships of the eelid eel, *Kaupichthys*

- diodontus*. Pacific Sci., **4**(4).
- GOSLINE, W. A., 1951 a: The osteology and classification of the ophichthid eels of the Hawaiian Islands. Pacific Sci., **5**(4).
- , 1951 b: *Chilorhinus brocki*, a new echelid eel from Hawaii, with notes on the classification of the order Anguillida. Copeia, **1951**(3).
- , 1952: Notes on the systematic status of four eel families. Journ. Washington Acad. Sci., **42**(4).
- GRASSI, B., 1919: The reproduction and metamorphosis of the common eel(*Anguilla vulgaris*). Q. T. M. S., **39**.
- GREEN, C. V. & E. FEKETE, 1933: Differential growth in the mouse. Journ. Exp. Zool., **66**.
- GÜNTHER, A., 1870: Catalogue of the fishes in the British Museum, **8**. London.
- 花岡 資, 1953: 内湾漁獲物の組成. 日水誌, **19**(4).
- HARDENBERG, J. D. F., 1931: The fishes of the Rokan Mouth. Treubia, **13**(1).
- , 1934: Additional notes to my paper "The fishfauna of the Rokan Mouth", Treubia, **14**.
- HERRE, A. W., 1923: A review of the eels of the Philippine Archipelago. Philippine Journ. Sci., **23**(2).
- , 1933 a: A check list of fishes from Dumaguete, Oriental Negris, p. 1., and its immediate vicinity. Journ. Pan-Pacific Res. Inst., **8**(4).
- , 1933 b: A check list of fishes from Sandakan, British North Borneo. Journ. Pan-Pacific Res. Inst., **8**(4).
- , 1936: Fishes of the Crane Pacific Expedition. Field Mus. Nat. Hist., Zool. Ser., **21**.
- , 1953: Check list of Philippine fishes. U. S. Fish and Wildlife Service, Res. Rept., **20**.
- & G. S. MYERS, 1937: A contribution to the ichthyology of the Malay Peninsula. Bull. Raffles Mus., Singapore, Straits Settlements, (13).
- 檜山 義夫, 1942: 南洋の主要魚類. 植物及動物, **5**.
- HOLLISTER, G., 1934: Clearing and dyeing fish for bone study. Zoologica, **12**(10).
- 本間 義治, 1952: 新潟県産魚類目録. 魚雑, **2**(3).
- HUBBS, C. L., 1926: The structural consequence of modifications of the developmental rate in fishes, considered in reference to certain problems of evolution. Amer. Nat., **60**.
- & L. C. HUBBS, 1953: An improved graphical analysis and comparison of series of samples. System. Zool., **2**(2).
- HUXLEY, J. S., 1936: Clines an auxiliary method in taxonomy. Bijdr. Dierk., **27**.
- HYMAN, L. H., 1943: Comparative vertebrae anatomy. Univ. Chicago Press.
- 井伊 明・渡辺泰輔, 1952: 水槽に飼育した魚類の断水による窒息死経過の観察 (第1報). 兵庫水試報, **7**.
- IKEDA, H., 1937: Notes on the fishes of Toshi-Shima and Suga-Shima of Miye-Ken on the Pacific coast of Japan. Hakubutsugakuzassi, **35**(62).
- 稲葉 俊, 1939: シラス鰻養殖試験報告. 静岡水試浜名湖分場報.
- 石山 礼蔵, 1950: イワシ類シラスの研究. 水研誌, **40**(2).
- JESPERSEN, P., 1942: Indo-Pacific leptocephalids of the genus *Anguilla*. Systematic and biological studies. Dana Rept., **22**.
- JORDAN, D. S. & J. O. SNYDER, 1901: A review of the apodal fishes or eels of Japan, with descriptions of nineteen new species. Proc. U. S. Nat. Mus., **23**(1239).

- JORDAN, D. S. & A. SEALE, 1907: Fishes of the Island of Luzon and Panay. Bull. Bur. Fish., **26**, (1906).
- & R. E. RICHARDSON, 1908: Fishes from Islands of the Philippine Archipelago. Bull. Bur. Fish., **27**.
- & M. C. DICKERSON, 1908: On a collection of fishes from Fiji, with notes on certain Hawaiian fishes. Proc. U. S. Nat. Mus., **34**(1625).
- & C. W. METZ, 1913: A catalogue of the fishes known from the waters of Korea. Mem. Carnegie. Mus., **6**(2).
- , S. H. TANKA, & J. O. SNYDER, 1913: A catalogue of the fishes of Japan. Journ. Coll. Sci. Tokyo. Imp. Univ., **33**(1).
- & W. F. THOMPSON, 1914: Record of the fishes obtained in Japan in 1911. Mem. Carnegie. Mus., **6**(4).
- & C. L. HUBBS, 1925: Record of fishes obtained by David Starr JORDAN in Japan, 1922. Mem. Carnegie Mus., **10**(2).
- 梶山 英二, 1929 a: 真鯛卵の孵化に及ぼす海水の温度の影響に就いて. 水講試報, **24**(5).
- , 1929 b: 真鯛卵の孵化に及ぼす海水の比重の影響に就いて. 水講試報, **24**(5).
- , 1929 c: 真鯛ラールの发育に及ぼす海水の温度及び比重の影響に就いて. 水講試報, **24**(5).
- 神谷 尚志, 1916 a: 館山湾に於ける浮性魚卵並に其の稚魚. 水講試報, **11**(5).
- , 1916 b: 館山湾に於ける浮性魚卵並に其の稚魚. 動雜, **28**(332).
- 蒲原 稔治, 1940: 土佐産無足魚類の分類. 高知高校自然科学研究報, **6**.
- KAMOHARA, T., 1941: Description of one new and two rare fishes from Japan. Annot. Zool. Japan., **20**(3).
- , 1943: Some unrecorded and two new fishes from Prov. Tosa, Japan. Bull. Biogeogr. Soc. Japan, **13**(17).
- , 1952: Revised descriptions of the off shore bottom-fishes of Prov. Tosa, Shikoku, Japan. Rept. Kochi Univ., Nat. Sci., (3).
- 笠原 晃, 1948: 支那東海黄海の底曳網漁業とその資源. 日本水産株式会社研報, **3**.
- 笠原 康平, 1955: サメガレイの生態学的研究. 第一報, 肥満度, 生殖腺重量の季節的变化に就いて. 東北水研報, **4**.
- 片山 正夫, 1940: 富山湾産魚類目録. 富山博物雜, **3**.
- ・高井 徹, 1951: 東海黄海機船曳網魚類目録. 日水誌, **16**(12).
- KATAYAMA, M. & T. TAKAI, 1954: A new conger-like eel, *Muraenesox yamaguchiensis*, from the Inland Sea of Japan. Jap. Journ. Ichthyol., **3**(3・4・5).
- 勝木 保次, 1951: 魚類の側線系からみた聴覚機構. 科学, **21**(6).
- 川上猛雄・中屋慎吉・松井信之, 1949: 漁獲と底水温の關係. 大洋研究所漁撈部報, **2**.
- KEYS, A. B., 1928: The weight-length relation in fishes. Scripps Inst. Oceanogr. Univ. California. Rept. Proc. Nat. Acad. Sci., **14**(12).
- KISHINOUE, K., 1923: Contributions to the comparative study of the so-called scombroid fishes. Coll. Agri. Imp. Univ. Tokyo., **8**(3).
- 近藤 正人, 1948: 東海黄海の海況(1). 水産研究会福岡分室.
- 久保伊津男, 1936: 鰻の摂餌速度と水温及び其の他との關係に就いて. 日水誌, **4**(5).
- 久保田善二郎・松井魁, 1955: ドジョウの形態学的研究. 第2報, 成長に伴う体形の変化に就いて. 本報告, **5**(2).
- KURODA, N., 1931: A catalogue of the fishes of Shizuura, Suruga, Japan. Amoeba, **3**(1—2).
- 黒田 長礼, 1955: 無足魚類の分布と渡瀬線. 生物地理報, **16—19**.
- KURONUMA, K., 1940: A deep-sea eel *Coloconger raniceps* from Suruga Bay. The first record

- to the water other than Indian Ocean. Zool. Mag., **52**(10).
- LEBOUR, M. V., 1919: The larval and post-larval stages of the pilchard, sprat and herring from Plymouth District. Journ. Mar. Bio. Assoc., **12**(N. S.).
- LIN, S. Y., 1933: A new genus and three new species of marine fishes from Hainan Island. Lingnan Sci. Journ., **12**(1).
- , 1936: Notes on hair tails and eels of China. Bull. Chekiang Prov. Fish. Exp. St., Tinghai, Chekiang, China, **2**(5).
- 前川兼祐・高重隆義・松本梅二・宇都宮 正, 1953: 小型底曳網漁場の漁獲組成について。山口内海水試報, **5**(1)。
- 真子 渺, 1949: 東海黄海機船底曳網漁獲目録, 1. 東海黄海底魚資源調査研究誌。水産研究会福岡分室。
- 丸川 久俊, 1916 a: 鰻に就いて。水講試報, **11**(4)。
- , 1916 b: 鰻の成長に就いて。動雑, **28**(329)。
- MATSUBARA, K., 1936: Studies on the deep-sea fishes of Japan. I. On a new apodal fish, *Dysomma japonicus*, with an emendation of the genus *Dysomma*. Zool. Mag., **48**(11)。
- , 1938: Studies on the deep-sea fishes of Japan. VIII. On the individual variations found in an apodal fish *Synaphobranchus pinnatus*(GRONOW), with special reference to its taxonomy. Journ. Imp. Fish. Inst., **33**(1)。
- 松原喜代松, 1943: 鰻型魚類の一種ギスのレプトセファルス型幼魚に就いて。兵庫県中等教育博物学雑誌, **8**・9。
- , 1955: 魚類の形態と検索, I. 石崎書店, 東京。
- , 落合 明, 1950 a: 日本及其近海産ハリゴチ科魚類の研究(第1報)。魚雑, **1**(2)。
- , 1950 b: 日本及其近海産ハリゴチ科魚類の研究(第2報)。魚雑, **1**(2)。
- , 1951 a: 本邦産ホラアナゴ属魚類について。魚雑, **1**(4)。
- , 1951 b: On the conger eels related to *Arisoma nystromi* (JORDAN et SNYDER) found in the waters of Japan and China. Mem. Coll. Agri., Kyoto Univ., **59**。
- 松井 魁, 1934: 鰻の性別に依る外形の変異。養殖誌, **4**(9)。
- , 1936 a: 鰻の雌雄の形態の相違(前報)養殖誌, **6**(6)。
- , 1936 b: 養殖魚類の成長度の研究。水研誌, **36**(11)。
- , 1936 c: 養殖魚類の成長度曲線の研究。水研誌, **37**(7)。
- , 1936 d: 本邦産鰻(*Anguilla japonica* T. et S.)の卵巣卵の大きさに就いて。科学, **6**(4)。
- , 1936 e: 巨大鰻に見られたる生殖腺萎縮に就いて。科学, **6**(8)。
- , 1951: 東海黄海に於ける底曳網漁場と底棲生物群聚との関係に就いて。日水誌, **16**(12)。
- , 1952: 日本産鰻の形態、生態並びに養成に関する研究。本報告, **2**(2)。
- , 高井 徹, 1949: 東海黄海に於ける重要魚類の生態学的研究。第一報, キグチ *Pseudosciaenidae* (*J. et T.*) の生態学的研究。本報告, **1**(1)。
- , 1950: 東海及び黄海の底棲群聚の定量的研究, 東海黄海の海況, **2**。西海水研報。
- , 1951 a: 東海黄海に於ける重要魚類の生態学的研究。第二報, クログチ (*Nibea nibe* J. et T.) の生態学的研究。日水誌, **16**(12)。
- , 1951 b: 東海黄海に於ける重要魚類の生態学的研究。第三報, カナガシラの生態学的研究。日水誌, **16**(12)。
- , 1953 a: 東海黄海重要魚類の生態学的研究。第四報, シログチ (*Nibea argenteata* H.) の生態学的研究。以西底魚資源調査研究報, (4)。
- , 河村 郁也, 1953 b: 東海黄海重要魚類の生態学的研究。第五報, ホンニベ

- (*Nibe a imbricata* MATSUBARA) の生態学的研究. 以西底魚資源調査研究報(4).
- 松井 魁・高井 徹, 1953 c : 東海・南海重要魚類の生態学的研究, 第六報, タチウオ (*Trichiurus lepturus* L.) の生態学的研究. 以西底魚資源調査研究報, (4).
- 松井 佳一・山田徳二郎, 1928 : 養魚場の水質並に底質に関する研究. 第一報, 酸性土壌による養魚被害の一例に就いて. 水講試報, 23(4).
- MATSUURA, K., 1920 : Catalogue of the zoological specimens exhibited in the Natural History Department, Tokyo Imperial Museum, (Vertebrata). Tokyo Imp. Mus.
- McCULLOCH, A. R., 1929 : A check-list of the fishes recorded from Australian Mus., Sydney, Mem., 5(1).
- MEEK, A., 1916 : The migration of fish. London.
- 三河正男, 1955 : 東北海区に於ける底魚類の消化系と食性に就いて. 第3報, アブラガレイ. 東北水研報, (4).
- 宮地伝三郎・波部忠重・川口正雄・山路勇, 1950 : 舞鶴湾の水産の海洋生物学的基礎. 水産動物の研究(1). 日本出版協同株式会社.
- ・森 圭一, 1956 : 動物の生態. 岩波書店, 東京.
- 宮本 秀明・塩田 衛二, 1954 : 樹網にはいる魚は鰓の位置, 鰓の種類をどのように選択するか—3, ヒラメ, カレイ, アナゴ, ウナギその他. 日水誌, 19(11).
- MORI, T., 1928 : A catalogue of the fishes of Korea. Journ. Pan-Pacific Res. Inst., 3(3).
- & K. UCHIDA, 1934 : A revised catalogue of the fishes of Korea. Journ. Chosen Nat. Hist. Soc., 19.
- MUNRO, I. S. R., 1955 : The marine and fresh water fishes of Ceylon. Dept. Ext. Aff., Canberra.
- MYERS, G. S. & C. B. WABE, 1941 : Four new genera and the new species of eels from the Pacific Coast of Tropical America. Allan Hancock Pacific Expeditions, 9(4).
- 名古屋大学農学部・愛知県水産試験場, 1953 : 紀伊水道沖合底魚資源調査(季報I). 愛知水試.
- ・———, 1954 : 紀伊水道沖合底魚資源調査(季報II). 愛知水試.
- 中井 信隆・松井 魁, 1936 a : シラス鰻の成長と外部形態に就いて. 日水誌東海大会号記録.
- ・———, 1936 b : 長野県産巨大鰻に就いて. 水研誌, 31(4).
- ・———, 1938 : 本邦産鰻の分布と海流との関係並に *Anguilla japonica* の産卵場の一考察. 動雑, 50(4).
- ・———, 1939 : 鰻の性比及び雌雄異形. 動雑, 51(2).
- 中村 誠喜, 1934 : 富山県魚類調査. プリント.
- 中田 彬・松沢定五郎, 1955 : 魚類に分布する結晶 Guanine の研究. 本報告, 5(2).
- 野中 英夫, 1956 : ハモ属の資源生物学的研究—II. ハモ *Muraenesox cinereus* の食性. 日水誌, 22(2).
- ・花淵 信夫, 1957 a : ハモ属の資源生物学的研究. 第3報, ハモ *M. cinereus* の形態について. 西海水研報, 11.
- ・———, 1957 b : ハモ属の資源生物学的研究. (第4報), ハモ *M. cinereus* の生殖について. 西海水研報, 12.
- NORMAN, J. R., 1939 : Fishes. John MURRAY Expedition 1933—34. Sci. Rept., 7(1).
- & E. TREWAVAS, 1939 : Notes on the eels of the family Synphobranchidae. Ann. Mag. Nat. Hist., 11(3).
- 岡田弥一郎・松原喜代松, 1938 : 日本産魚類検索. 三省堂, 東京.
- OKADA, Y. & K. SUZUKI, 1956 : Ecological studies of the ma-anago, *Astroconger myriaster* (BREVOORT), I. Notes on the composition of total length, the relationship between total length and body weight and condition factor in Ise Bay, Mie Pref., Rept. Fac. Fish. Pre. Univ. Mie, 2(2).

- 大滝英夫・花淵信夫・千田哲資, 1954: ハモ属の資源生物学的研究. 第1報, スズハモに就いて. 西海水研報, **4**.
- 落合 明, 1953: ハリゴチ科魚類の近似3種間にみられる種, 性及び成長段階の形態変異について. 日水誌, **19**(4).
- 大鶴 典生, 1955: 機船底曳網漁業の沿革と現況, 水産庁調査研究部漁業科学叢書, **9**.
- PARADICE, W. E. J. & G. P. WHITLEY, 1927: Northern territory fishes. An annotated list of fishes collected from the waters of the northern territory of Australia during the cruises of H. M. A. S. "Geranium," 1923-1925. Mem. Queensland Mus., **9** (1).
- PARR, A. E., 1931: Deep-sea fishes off the western coast of north and central America. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., **2** (4).
- , 1932: Scientific results of the third oceanographic expedition of the "Pawnee" 1927. Deep sea eels, exclusive of larval forms. Bull. Bingham Oceanogr. Coll., **3** (5).
- PETERSEN, C. G. J., 1896: The common eel gets a particular breeding dress before its emigration to the sea. Rept. Danish Biology. St., **5**.
- , 1905: Larval eels (*Leptocephalus brevirostris*) of the Atlantic coasts of Europe. Medd. Komm. Havunders. Fiskeri., **1** (5).
- PHILLIPS, L. B., 1942: Osteology of the sardine (*Sardinops caerulea*). Journ. Morph., **70** (3).
- REID, E. D., 1934: Reports on the collections obtained by the first Johnson-Smithsonian deep-sea expedition to the Puerto Rican Deep. Two new congrid eels and a new flatfish. Smithsonian Miscellaneous Collections, **91** (5).
- , 1940: A new genus and species of eel from the Puerto Rican Deep. Smithsonian Miscellaneous Collections, **91** (31).
- REGAN, C. T., 1905: On a collection of fishes from the Inland Sea of Japan made by Mr. R. Gordon SMITH. Ann. Mag. Nat. Hist., **7** (15).
- , 1912: The osteology and classification of the teleostean fishes of the order Apodes. Ann. Mag. Nat. Hist., **8** (10).
- 佐郷 卿一, 1927: 鰻体の解剖に関する研究 (上). 水産学雑誌, **30**.
- , 1928: 鰻体の解剖に関する研究 (下). 水産学雑誌, **31**.
- SCHMIDT, J., 1909: Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel (*Anguilla vulgaris* T.). Medd. Komm. Havunders. Fiskeri, **3** (3).
- , 1911: Biology of the eel-fishes, especially of the conger. Nature, **5** (86).
- , 1912: Contribution to the biology of some North Atlantic species of eels. Vidensk. Medd. Nat., **5** (64).
- , 1914: On the classification of the freshwater eels (*Anguilla*). Medd. Komm. Havunders. Fiskeri., **4**.
- , 1916: On the early larval stages of the freshwater eels (*Anguilla*) and some other North Atlantic Muraenoids. Medd. Komm. Havunders. Fiskeri, Copenhagen, **5** (4).
- , 1925: On the distribution of the fresh-water eel (*Anguilla*) throughout the world, II. Indo-Pacific Region. Mem. Acad. Roy. Sci. Lett. Danmark, Sec. Sci. 8 Ser., t. **10** (4).
- SCHMIDT, P., 1931: Fishes of Japan collected in 1901. Trans. Pacific Comm. Acad. Sci. USSR, **2**.
- , 1931: A list of fishes, collected in Japan and China by Dr. A. BUNGE and N. GREBNITZKY. Bull. Acad. Sci. USSR.

- SCHMIDT, P. & L. LINDBERG, 1930: A list of fishes, collected in Tsuruga (Japan) by W. ROSYKOWSKI. Bull. l' Acad. Sci. l' URSS.
- SEALE, A., 1910: Fishes of Borneo, with descriptions of four new species. Philippine Journ. Sci., 5(4).
- 西海区水産研究所, 1950: 東支那海魚体測定要報(精密調査の部)(3).
- , 1953: 東海黄海に於ける底魚資源の研究, (1950年9月より1953年3月までの研究経過報告). 西海水研.
- , 1955: 東海黄海に於ける底魚資源の研究(2), 西海水研.
- 瀬戸内海漁業調整事務局, 1952: 瀬戸内海の水産統計資料, (1).
- , 1953: 瀬戸内海の水産統計資料. 2. 昭和27年(1月~12月)の漁獲統計.
- SHINDO, S. & T. AOYAMA, 1954: Maturity of the Yellow Sea bream (*Taius tumifrons*) in the East China Sea. Bull. Saikai Reg. Fish. Res. Lab., 3.
- 貞道 重明・青山恒雄, 1954: 東海及び南シナ海産レンコダイに関する形態測定の結果について. 西海水研報. (3).
- 清水 三雄, 1947: 骨の成長に関する研究. 北隆館, 東京.
- SMITH, H. M. & E. B. POPE, 1906: List of fishes collected in Japan in 1903, with descriptions of new genera and species. Proc. U. S. Nat. Mus., 31(1489).
- SMITH, J. L. B., 1947: Forty-two fishes new to South Africa, with notes on others. Ann. Mag. Nat. Hist., 12(2).
- SNYDER, J. O., 1908: Description of eighteen new species and two new genera of fishes from Japan and the Riu Kiu Islands. Proc. U. S. Nat. Mus., 35(1635).
- , 1912: Japanese shore fishes collected by the United States Bureau of Fisheries, steamer "Albatross" expedition of 1906. Proc. U. S. Nat. Mus., 42(1909).
- STARKS, E. C., 1930: The primary shoulder girdle of the bony fishes. Stanford Univ. Publ. Univ., Series. Biol. Sci. 6(2).
- STENSJÖ, E. A.: SON, 1947: The sensory lines and dermal bones of the cheek in fishes and amphibians. Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, 24(3).
- STRUBERG, A., 1913: The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions. Medd. Komm. Havunders. Fiskeri., 4(3).
- 水産局, 1940: 瀬戸内海水産統計表. 農林省.
- 水産庁調査研究部資料課, 1949: 日本産魚類産卵期. 調査資料, 8.
- 末広 恭雄, 1935: 魚類の消化系の発達と食性の変化に就いて. 動雑, 47(560).
- SUYEHIRO, Y., 1941: A study on the digestive system and feeding habits of fish. Japan. Journ. Zool., 10(1).
- 末広 恭雄, 1951: 魚類学. 岩波書店, 東京.
- 高井 徹, 1955: 邦産ハモ科魚類の比較形態学的研究, 特にハシナガアナゴ *Oxyconger leptognathus* の骨格系について. 日水誌, (講演要旨) 16(12).
- , 1956: 周防灘産ハモ *M. cinereus* の産卵に関する研究. 日水誌, (講演要旨)
- ・吉岡俊夫・前川兼祐・八柳健郎, 1953: 内海産ハモ属2種の比較形態学的研究. 本報告, 3(3).
- 高木 和徳, 1950: ハゼ科魚類の舌咽骨に見られる系統について. 魚雑, 1(1).
- 高重 陸義, 1953: 小型底曳網及び打瀬網の漁獲量についての考察. 山口内海水試報, 5(1).
- TANAKA, S., 1931: On the distribution of fishes in Japanese water. Journ. Fac. Sci. Imp. Univ. Tokyo, Sec. 4 Zool., 3(1).
- TANING, A. V., 1946: Stage of determination of vertebrae in teleostean fishes. Nature, 157.
- , 1950: Influence of the environment on number of vertebrae in teleostean fishes.

Nature, 165.

- 多々良 薫, 1952: 紀伊水道域のハモ *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) について, (1). 内海水研報, 4.
- 田内森三郎, 1927: 温度及び鹹度と魚卵の孵化率との関係. 水講試報, 23(2).
- 徳田 御稔, 1953: 地理的変異に於ける二つの型. 生物の変異性. 岩波書店, 東京.
- , 1954: 進化論. 岩波書店, 東京.
- 徳久 三種, 1916: 日本産鰻の成長度に就いて. 水研誌, 11(4).
- TREWAVAS, E., 1932: A contribution to the classification of the fishes of the order Apodes, based on the osteology of some rare eels. Proc. Zool. Soc. London, 1932.
- 内田恵太郎, 1927: 魚類保護増殖の根本問題としてその生活史研究の急務及び研究方法私見. 帝水, 7(1).
- , 1932 a: ハモ, マアナゴ其の他数種の本邦無足魚類の変態に就いて. 動雑, 44.
- , 1932 b: 魚類, 円口類, 頭索類. 岩波書店, 東京.
- , 1935: 日本近海より初記録のウナギのレプトセファラス. 科学, 5(4).
- ・塚原博, 1955: 有明海の魚類相について. 生物地理報, 16—19.
- 内橋 潔, 1953: 脳髓の形態より見た日本産硬骨魚類の生態学的研究. 日本海水研報, 2.
- 宇井 縫蔵, 1929: 紀州魚譜. 近代文芸社, 東京.
- UMALI, A., 1936: Edible fishes of Manila. Commonwealth of the Philippines Department of Agriculture and Commerce, Manila, Popular Bulletin, 6.
- 宇都宮 正, 1954: 藻場に出現する生物について. 山口内海水試報, 6(1).
- ・八柳健郎・富山昭・前川兼祐, 1954: 内湾汽水区域に於ける出現魚種とその食性に就いて. 山口県内海水試報, 6(1).
- WADE, C. B., 1946: Two new genera and five new species of apodal fishes from the eastern Pacific. Allan Hancock Pacific Exped., 9(7・8).
- WALTER, E., 1910 a: Der Flusssaal. Eine biologische und fischereiwirtschaftliche Monographie. Neudamm.
- , 1910 b: Der Einfluss des Geschlechts und der Geschlechtsreife auf das Wachstum der Fische. Neud. Fisch. Zeitung, 37(48).
- WEBER, M. & L. F. BEANFORT, 1916: The fishes of the Indo-Australian Archipelago, 3, Ostariophysi: II. Cyprinoidea, Apodes, Symbranchi, Leiden.
- 山田 徳二郎, 1928: 養魚場の水質並びに底質に関する研究. (第2報). 水講試報, 23(4).
- 山口県外海水産試験場, 1953: 昭和28年度事業成績報.
- 山口県内海水産試験場, 1951: 瀬戸内海に於ける底曳網と底魚に関する調査研究. 山口内海水試報, 2.
- , 1954: 山口内海水試事業報. 昭和26, 27, 28年度.
- 山本 精二, 1938: シラス鰻の水温低下に対する抵抗と心臓搏動数に就いて. 静岡水試浜名湖分場報.
- 吉田 裕, 1936: 沿海州沖合機船底曳網漁場に於いて漁獲される魚類に就いて. 水研誌, 31(5).
- ・伊藤健生, 1957: 日本海の魚類相. 本報告, 6(2).
- 吉野鎮夫・浜田善一郎, 1950: ギンアナゴの側線器に存在する鱗様物質に就いて. 東大立地自然科研報, (6).

Studies on the Morphology, Ecology and Culture of the Important Apodal Fishes, *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) and *Conger myriaster* (BREVOORT)

by

Tōru TAKAI

Summary

The apodal fishes, the order Anguillida, are known as one of the most important in the fishing industry of Japan.

The present investigation treats of the morphology, ecology and culture of the two apodal fishes, the sharp-toothed eel, *Muraenesox cinereus* (FORSKÅL) and the conger eel, *Conger myriaster* (BREVOORT), which are caught rather plentifully, having high commercial value, in the coastal waters off southern Japan.

Part I. Morphology

Chapter I. Larva and elver of the conger eel

A good many young of the conger eel, including larva and elver stages, were caught in the Sea of Suō-nada, a western part of the Inland Sea of Japan, and were used in the study of their morphological transformation as they grew up.

(1) When the conger larve hatches out, it develops into the elver stage through the semi-larva and semi-elver stages. The larva, from the time it is hatched out until it is a full grown leptocephalus, is called the developing stage, being constituted of early, middle and last. While the shrinking course from a full grown to a minimum size is called the metamorphosis stage, being constituted also of three stages (early, middle and last), of which the first two are called semi-larva, and the last semi-elver, which is further classified into four sub-stages (Table 25).

(2) The larvae enter their metamorphosis stage when they grew up to 120 mm in body length, and they enter to the elver stage when their body length shrinked to 65 mm. The reduction in body length during the metamorphosis stage is estimated to be 58.3% (Fig. 8).

(3) The respective rates of lengths of the dorsal fin and of the anal fin base to the body length in the developing stage are 40 % and 11 %, but at the metamorphosis stage these rates in lengths gradually become greater until they attain to 83 % and 63 % at the end of the stage, respectively, as shown in Figs. 7 and 8.

(4) The larval teeth fall away first in the anterior part, then in the posterior, and those in the upper jaw disappear earlier than those in the lower one. All of the larval teeth fall away by the time the elvers shrink themselves to about 90 mm long (Fig. 10).

Chapter II. Morphological differentiation in sex

(1) Morphological differences are recognized between adults of both sexes of the sharp-toothed eel in the following seven characteristics: interorbital width, vertical eye diameter, tail length, trunk length, anal fin base length and anal length (distance from tip of snout to center of anus). The first three of the above characteristics are more prominent in the male while the latter three are more prominent in the female (Table 27).

(2) The anal length is the only characteristic that distinguishes the male from the female of the conger eel, the former having a larger rate of length to body length than the latter (Table 37).

(3) In both species the nuptial coloration is more remarkable in the male than in the female.

(4) No sexual difference can be seen in either the shape or the coloration of the pectoral fins of the two species of eels dealt with here.

Chapter III. Breeding changes in body shape

The sharp-toothed eel has in its spawning season two types of morphological variation, broad- and sharp-nosed. The respective characteristic of the two types and the biological meaning of the broad-nosed type will be discussed in this chapter.

(1) These two types are found in both sexes. Most of the broad-nosed type are male, while very few females are of this type (Table 46).

(2) When the spawning season is over, very few fish of the broad-nosed type are caught.

(3) The broad-nosed type is never found at the immature stage, but in adult fish which have their gonads matured, the broad-nosed type is developed even if rather small in body (Fig. 27).

(4) Remarkable morphological differences between the typical broad-nosed and the sharp-nosed type of the fish can be seen in the eye diameter, interorbital width and vertical eye diameter (Table 48).

(5) Between the two types there are found some fish of a transitional phase, so that the boundary between the two types is uncertain.

(6) No osteological difference can be seen between the two types or between the sexes (Figs. 21—26).

(7) The broad-nosed type is thought to occur as a phase of breeding change found in the sharp-toothed eel, especially in its male.

Chapter IV. Morphological transformations with growth

(1) In the growing process from semi-elver to early immature stage of the conger eel, the inflection of the growth rate in parts of the body occurs separately in the following three periods: anal length, isthmus width and dorsal fin depth at the last elver stage; snout angle and its height, and body girth at the beginning of

the early immature stage; head length, tail length, snout length, mandible length and distance from tip of snout to origin of dorsal fin at the last phase of the early immature stage (Table 70).

(2) In the process from semi-elver to early immature stage of the conger eel, the growth center of the body can be recognized first as being in the trunk until the end of the semi-elver stage. After this the center is in the head, if the body is divided into three parts, head, trunk and tail (Fig. 29).

(3) The adult female of the sharp-toothed eel displays at its early stage those characteristics which exhibit growth inflections in the distance from tip of snout to origin of the dorsal fin, head length, anal length, body girth and interorbital width, while the male does so in pectoral fin length and distance from tip of snout to origin of dorsal fin, in the same stage as the female. The female conger eel exhibits those characteristics in snout length and eye diameter; the male does so in eye diameter and trunk length (Tables 62, 63, 82).

(4) During the growth process from immature to adult stages of the sharp-toothed eel, whether male or female, the growth center of the body is in head, whereas in both sexes of the conger eel the center is in head when it is immature, but in the trunk when matured (Figs. 38, 40).

Chapter V. Morphological variations due to environmental conditions, especially to nutrition

Having cultured two groups of elvers of the conger eel classified by giving them different amounts of food, the author has scrutinized those differences in external features seen between the groups of cultured fish, and in those found between cultured and wild ones.

(1) Those immatures which have grown up from elvers until autumn show remarkable differences between the two groups reared with different amounts of food in trunk length, tail length, snout angle, head length, snout length, eye diameter, interorbital width, distance from tip of snout to origin of the dorsal fin and anal length. In these characteristics the ratios of trunk length and tail length to total length, and snout angle are greater in the group reared in the better nutritious environment, but the ratios in the other characteristics mentioned to the total length are greater in the group reared in the worse one (Table 87).

(2) Immature conger eels show remarkable differences in such external characteristics as dorsal fin length, snout height and pectoral fin length, which are not caused by nutritious conditions (Table 87).

(3) The amount of food the fish receive can not be regarded as the only decisive factor that can cause the morphological differences found between cultured and wild ones.

Chapter VI. Morphological variations in relation to geographic distribution

The author has made a study of the geographic variations of some external and meristic characters of the sharp-toothed eel and the conger eel found along the coast of Japan and its neighbouring waters.

(1) Those sharp-toothed eels found in the Kumano-nada, the East China Sea and the Inland Sea of Japan show geographic variations in head length, anal length, dorsal fin depth and eye diameter, respectively. The rates of these dimensions to body length in the fish found in the Kumano-nada are the greatest among those of the three regions mentioned but are fewer in the meristic characters (Tables 96, 102).

(2) The conger eels distributed along the Pacific coast of Japan show latitudinal geographic variations in head length, interorbital width and mandible length. Those found in the more northern waters are more likely to have shorter dimensions in the three characteristics mentioned. As for their meristic characters, those found to the south of the Bay of Matsushima are fewer in number than those found to the north of the Bay (Tables 118, 124, 126, 133).

Chapter VII. Osteology

In this chapter the author has investigated comparatively the internal skeletons of all the fishes of the families Muraenesocidae and Congridae hitherto found along the coast of Japan and in its neighbouring waters.

(1) The Muraenesocids have as their internal characteristics: i) a well-developed cranium, especially in the premaxillo-ethmo-vomerine plate tightly agglutinated together by premaxillary, ethmoid and vomer; ii) a well-developed palatopterygoid of which the vomer and the parasphenoid are tightly jointed anteriorly, and hyomandibular and part of quadrate jointed posteriorly; and iii) a well-developed opercula (Table 139).

(2) As to the degree of specialization, the Muraenesocids are more advanced than the Congrids in the following points: elongated premaxillo-ethmovomerine plate; maxillary jointed with the ethmoid process in the posterior ethmoidal region; and strong cuspids in the premaxillary patch as well as in the vomerine and dentary bands of the teeth (Table 139).

(3) Of the two genera *Oxyconger* and *Muraenesox* which are members of the family Muraenesocidae, the latter is more specialized than the former in the following points: presence of basioccipital brush and exoccipital brush; well-developed opercula; presence of tricuspidal teeth in vomerine, maxillary and dentary bands; and well-developed neural and haemal spines; and also of intermuscular bones (Table 139).

(4) Of the two species *Muraenesox yamaguchiensis* and *M. cinereus* which are important species in the genus, the later is more specialized than the former in having well developed frontal, premaxillo-ethmo-vomer and vertebral column, etc. (Table 139).

(5) The osteological characteristics of the family Congridae which the author has confirmed in his investigation coincide with those described by ASANO (1956), with exceptions of preorbital, glossohyal, urohyal, exoccipital brush, neural arch,

parapophysis, transvers process and intermuscular bone, which are thought to be still worthy as distinguishing characters of any species within the family (Figs. 67—69; Pls. I—XIV).

Part II. Ecology

Chapter I. Compositions of total length and fatness

In this chapter are discussed the compositions of total length and fatness of the sharp-toothed eel and also those of the conger eel which were caught in the Sea of Suō-nada.

(1) The whole range of variations of lengths of the male sharp-toothed eel and that of the female in the spawning season is respectively 35.3—95.4 cm and 55.2—97.5 cm, in which individuals ranging respectively 55.0—70.7 cm and 65.0—85.0 cm long are most frequently observable, occupying 64.8 and 61.0 percent of the total catch of the fish, respectively (Fig. 72).

(2) The range of fatness of the fish in their spawning season is from 0.78 to 2.15, and the female has a higher range of fatness than the male in each month during the spawning season (Table 148).

(3) From October to December the sharp-toothed eel larvae, 9.5—66.7 mm long, are caught in the upper layer of the spawning grounds of the fish and the neighbouring waters (Fig. 71).

(4) The compositions of total length of those conger eel larvae and semi-elvers caught during the period from December to May is shown in Fig. 75. The larvae of 110—123 mm long are most frequently hauled, and the semi-larvae having also the same range of body length are the most abundant component, although they are shrunk with regard to the progress of their development (Fig. 75).

(5) The total length of the immature and adult conger eel, excluding the larvae and semi-larvae, caught in the shallower waters some 10 m deep is 12.20—48.70 cm, but those caught in the deeper waters are 17.50—96.30 cm. Individuals of 20—30 cm long occupy 72.1 percent of catches from the shallower waters while individuals of 30—40 cm long attain to 69.5 percent of catches from deeper waters (Fig. 76).

Chapter II. Age composition

In the present chapter, the author, with discussing the methods used, gives his conclusions regarding the ages of fish caught from the Sea of Suō-nada, and examines the age composition of spawning shoals of sharp-toothed eels and the differences of age compositions of conger eels due to differences of fishing grounds in autumn when abundant individuals are caught.

(1) The sharp-toothed eels in the spawning shoal are found to be more than five years old in both sexes, most of them being five or six years (Fig. 82).

(2) The immature conger eels in the shallower waters less than 10 m deep are 1—3 years old, most of them being two years. In the sea along the coast more than

10 m deep, three-year old fish are most abundant in the catch (Fig. 91).

(3) Those conger eels which leave the coast for spawning are presumed to be more than six years old.

Chapter III. Food habits

In this chapter are described the food habits of the sharp-toothed eel and of the conger eel caught in the Sea of Suō-nada.

(1) Almost all the stomach contents of the sharp-toothed eel are filled with shrimps (*Metapenaeopsis*), followed by crabs (*Charybdis bimaculata*), fishes, molluscan decapods, stomatopods and octopus, which are found in order of the quantity in their natural food (Tables 165, 167).

(2) As the spawning gets near, the sharp-toothed eels, both males and females, reduce their feeding activity, and their stomachs are found empty without exception when they have attained to full-maturation (Table 165).

(3) The conger eel in its metamorphosis stage has little or nothing in its stomach, but begins to take food again when the stage is over. The elver of the fish has its stomach filled with zooplankton, benthonic crustaceans and polychaetes (Table 176).

(4) The immature and adult conger eels are carnivorous in their food habits. As in case of sharp-toothed eels, crabs, shrimps and fishes are their dominant food (Table 179).

Chapter IV. Breeding habits

(1) Ovarian eggs of the sharp-toothed eel ripen almost simultaneously, and are spawned all at once. It is so also with those of the conger eel (Figs. 100, 108).

(2) The total number of eggs contained in the ovary attains to $1.8-9.0 \times 10^4$ in the sharp-toothed eel and $1.1-12.0 \times 10^4$ in the conger eel (Figs. 105, 109).

(3) Male individuals are remarkably abundant in the spawning shoals of sharp-toothed eels, the sex ratio being estimated to be 94.5:5.5 (Fig. 107).

(4) In the Sea of Suō-nada, the sharp-toothed eel spawns during the period from August to October, actively from the mid-August to early-September (Fig. 106).

(5) The conger eel seems to spawn from spring to summer.

Chapter V. Egg development and prelarva of the sharp-toothed eel

In this chapter are recorded the egg development and the hatched prelarva of the sharp-toothed eel through artificial insemination.

(1) Ripe eggs before fertilization are 1.50–2.20 mm in diameter, chiefly 1.60–1.80 mm (Table 197).

(2) The egg is an isolated pelagic one with 40–60 oil globules.

(3) After insemination, the eggs of the sharp-toothed eels are found floating for a while in the upper layer of the tank where they have been kept, and then gradually sinking down with the progress of development.

(4) It requires 63 hours for hatching out at 22–23°C, while 38 hours at 24–

26°C (Table 197).

(5) The total length of the larvae just after hatching out is 3.07–3.44 mm with 81–83 myotomes (Fig. 110).

(6) Within 40 hours after its being hatched, the larva grows to 5.56 mm with 127 (83+44) myotomes, having its oil globules decreased to 8 (Fig. 110).

Chapter VI. Habitat and environment of the larvae and elvers in the coastal waters

In this chapter are noted the changes of behavior and habitats, and their relation to environment of larvae and elvers of the two apodal fishes inhabiting the central waters of the Sea of Suō-nada.

(1) Getting free from their passive lives in the tidal current, the conger eel larvae in their middle or last stage of development gather in shoals at whirlpools or in spots where the current is slow that may be found around islets or reefs near inlets, and their daily rhythmic behavior is apparent, sinking down to bottom in the day time and floating up to the surface of the sea at night (Fig. 112).

(2) Semi-larvae of the conger eel are found in shoals on the sandy or pebbly bottom of the sea, where sea-weeds, such as *Sargassum* and *Zostera*, flourish (Fig. 113).

(3) In those places where a great number of larvae and elvers of the conger eel are believed to throng in spring are often caught together with them the young of the anchovy and also more than 40 species of other fishes, most of which are young (Table 199).

(4) Diatoms, copepods and dinoflagellats are the main plankton found in the places where the larvae and elvers of conger eels gather in shoals. Yet none of these plankton are taken by the larvae as food (Table 200).

(5) The water temperature in the habitat of the larvae and elvers of the conger eels is 11.0–16.0°C, and the specific gravity (σ_{15}) is 21–23 (Fig. 114).

(6) As regards the larvae and elvers of the sharp-toothed eel, their habitat as well as biological and physical conditions shall be studied at a later date.

Chapter VII. Spawning ground

(1) The spawning ground of sharp-toothed eels in the Sea of Suō-nada lies near the south of Iwai Island, Yamaguchi Prefecture, where the depth is 30–60 m with a sandy or muddy bottom (Fig. 118).

(2) In the spawning season, water temperature on the bottom of the spawning ground of the sharp-toothed eels is 22.4–23.7°C, and its chlorinity is 17.94–18.45 ‰ (Tables 204, 205).

(3) The following are the main fishes caught together with sharp-toothed eels in their spawning season: *Saurida tumbil*, *Suggrundus meerdervoorti*, *Pleuronichthys cornutus*, *Uranoscopus japonicus*, *Pseudorhombus cinnamomeus* and *Areliscus interruptus* (Table 206).

(4) Among the benthos found in the spawning grounds of sharp-toothed eel, shrimps are dominant, and crabs are characteristic, and octopus, mantis-shrimps, gastropods, hermit crabs, star-fishes, and sea-urchins are common in benthonic communities (Table 207).

(5) The spawning of the conger eel is assumed to be in the deeps along the coast north of lat. 25° N, washed by the Kuroshio Current and its branches.

Chapter VIII. Distribution, fishing grounds and the amount of catch of apodal fishes

(1) In autumn and winter, tests of the northern fishing grounds in the East China Sea where sharp-toothed eels are hauled by means of trawl-nets show the water temperature on the bottom to be $14.0-21.5^{\circ}\text{C}$, and abundant catches of the fish are found to lie between 15°C and 20°C . Consequently, good fishing grounds for these fish are found in waters colder than that inhabited by the black croaker (*Argyrosomus nibe*), the white croaker (*A. argentata*), ribbon fish (*Trichiurus lepturus*) and the species of croaker *Miichthys imbricata*, but warmer than that inhabited by the yellow croaker (*Pseudosciana manchurica*) and red gurnard (*Lepidotrigla microptera*) (Table 214).

(2) Most catches of sharp-toothed eels are brought from waters 40–70 m deep, although some are fished from 30 m deep to as deep as 110 m in the northern districts of the East China Sea. Therefore, good fishing grounds for sharp-toothed eels may be found in waters of the North China Sea shallower than that of the black croaker and white croaker, but deeper than that of the yellow croaker, red gurnard and ribbon fish, and at the same depth as that of *Miichthys imbricata* (Table 215).

(3) During the period from September to December conger eels are caught plentifully in the Sea of Suō-nada, particularly in shallow coastal waters of the Inland Sea (Table 222).

Chapter IX. Comparison of the life-history of three important apodal fishes

Comparing the life-history of conger eels with those of sharp-toothed eels and fresh-water eels (*Anguilla*), it is considered that the duration of life-cycle is the shortest in the sharp-toothed eels and the longest in the common eels (Fig. 127).

Part III. Culture of the conger eel

Chapter I. Larvae and elvers

(1) It is desirable to catch the larvae to be used as fries for culture during the period from the end of March to the beginning of May, when the temperature of the coastal waters rises up to about 14°C .

(2) The larvae in their last developing stage and in their early or middle metamorphosis stage can be cultured to best advantage.

(3) The larvae can be caught plentifully in the twilight.

(4) The larvae grow to elvers in about 20 days, having emerged from their metamorphosis stage, and in ten more days they develop into the early immature stage (Fig. 131).

(5) Small polychaetes and benthonic crustaceans are food suitable for those larvae which have emerged from their metamorphosis stage.

(6) The fries at the end of the elver stage and those which have grown up to early immature fish are better transferred to a larger pond for further growth.

(7) The most suitable culturing density is assumed to be 150—200 individuals per square meter in a pond.

Chapter II. Early immature fish

(1) The maximum amount of food given daily to immature fish is about 20 percent of their body weight at the early period and 17 percent at the later period.

(2) The weight-multiplicating and feeding rates of immature fish are directly proportional to the amount of food to be given to them (Fig. 132).

(3) During the growth of the fries cultured in a pond there are found to be some inversely proportional relations in the following: variation in size and amount of food; population density and growth rate; and population density and: weight-multiplicating rate (Fig. 136).

(4) The most suitable population density for culturing immature fishes in a pond is estimated to be 100—230 g per square meter.

Chapter III. Yearling fish

The present chapter deals with the size and habitats of yearling immature fishes, together with those factors closely relating to culture when they are used as fries.

(1) In summer, the yearling are widely distributed in the open, shallow waters along the coast, 5—10 m deep with muddy bottom, where the sea-weeds are found flourishing (Table 239).

(2) The fries, 12—30 cm long and 4.0—12.0 g in weight are a suitable size for pond culture (Table 240).

(3) Such fries are abundantly caught early in the evening by means of a drag-net with small mesh.

(4) The amount of food to be given them is directly proportional to the rate of growth and also to the weight-multiplicating rate, whereas their food-quotient is inversely proportional to the magnitude of variation in size of the fish (Tables 243, 244).

(5) The relation between the population density (X) and the weight-multiplicating rate (W) is illustrated in a curve; $W = aX^b$ (b : the coefficient = -0.711) (Fig. 148).

(6) The relation between the population density (X) and the amount of food to be given (F) is illustrated in a line; $F = aX$ (a : the coefficient = 0.0012) (Fig. 149).

(7) The population density suitable for culture in a pond is 400—800 g per square meter.

Chapter IV. Immature fish older than two years

This chapter gives the result of some experiments on immature eels older than two years, with a view to obtaining knowledge useful for the culture of the fish, which were impounded during a short period in a salt-water pond, Ōura-ike ($3.3 \times 10^4 \text{m}^2$), located at Uma-shima, off Tabuse-chō, Yamaguchi Prefecture.

(1) The weight-multiplicating rate is found greater among fish less than 35 cm in total length than among those more than 35 cm long (Table 255).

(2) If careful consideration is given to the amount of food to be given to the fish and to the time when food is given to them, immature fish can be well cultured with other useful fishes, such as the snapper (*Chrysophrys major*) and the puffer (*Fugu rubripes*) (Table 253).

(3) Immature fish can survive easier in lower water temperature than in higher. The water temperature suitable for them may be $10-23^\circ\text{C}$ (Tables 249, 251).

Part IV. Proposed system of conservation

Judging from the results obtained from these investigations and surveys recorded in Parts II and III, author has reached some conclusions concerning the protection and propagation of apodal fishes, such as the conger eel and the sharp-toothed eel.

(1) It is very important to know how to protect mature sharp-toothed eels whose spawning grounds lie along coastal waters. In the Sea of Suō-nada, where their spawning season coincides with the time when they are caught in plenty, it is consequently necessary that a closed season for these fish should be set during their spawning season from mid-August to early September, or at least should be stipulated that fishing in their spawning grounds is prohibited.

(2) It is also necessary that the larvae and elvers of the conger eel should be preserved where they gather in schooling places shallower than 30 m deep in coastal waters.

(3) For the promotion of aquiculture, the larvae of the conger eel, which are usually caught in abundance in spring, and the yearling immature fish, which are found in plenty in autumn, should be effectively utilized as fries for culture.

P L A T E

PLATE I

Head skeleton with suspensorium, jaw, opercular bones, and branchiostegal rays. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promillantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. aa, articular-angular; as, alisphenoid; bo, basioccipital; br, branchiostegal ray; de, dentary; eo, exoccipital; ep, epictic; fr, frontal; hm, hyomandibular; if, introrbital foamen; io, interopercle; lep, lower exoccipital brush; ma, maxillary; na, nasal; op, opercle; os, orbitosphenoid; pa, parietal; po, preopercle; pp, paratopterygoid; pr, preorbital; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic; su, subopercle; ueb, upper exoccipital brush; uh, urohyal. Scales indicate 10 mm.

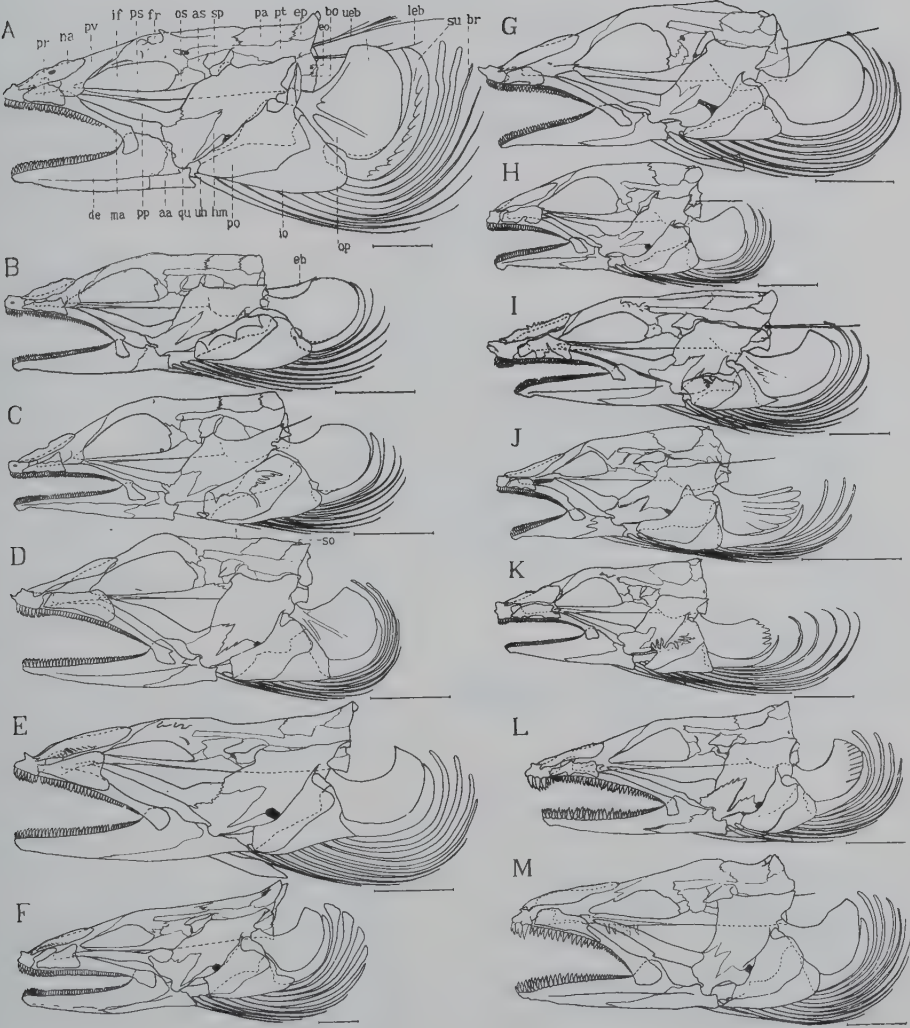


PLATE II

Cranium. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*. a, from side; b, from above; c, from below; d, from behind. as, alisphenoid; ba, basioccipital; eb, exoccipital brush; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; leb, lower exoccipital brush; ob, otic bulla; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pr, prootic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic; ueb, upper exoccipital brush. Scales indicate 10 mm.

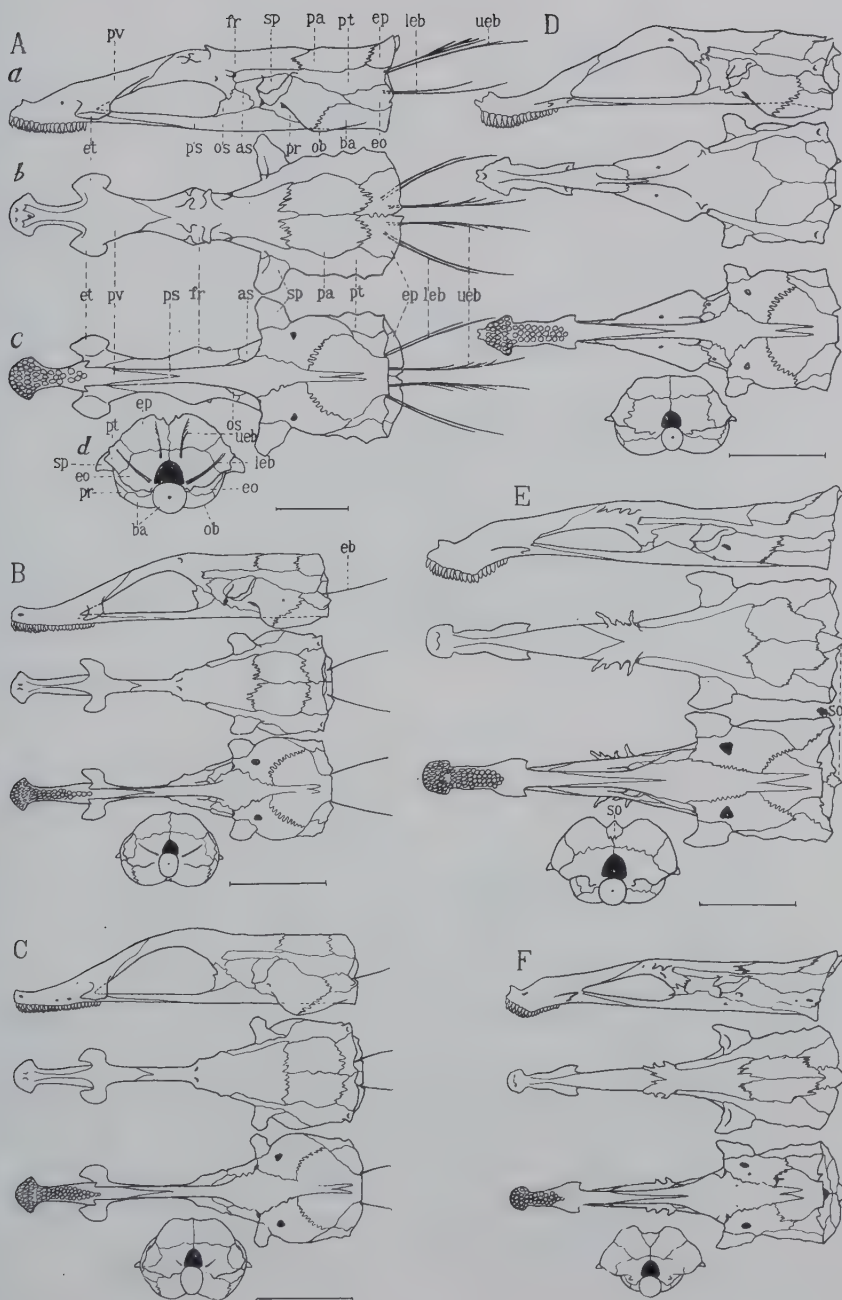


PLATE III

Cranium. G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. a, from side; b, from above; c, from below; d, from behind. as, alisphenoid; ba, basioccipital; eb, exoccipital brush; eo, exoccipital; ep, epiotic; fr, frontal; ob, otic bulla; os, orbitosphenoid; pa, parietal; pr, prootic; ps, parasphenoid; pt, pterotic; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate; so, supraoccipital; sp, sphenotic. Scales indicate 10 mm.

PLATE IV

Otolith. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Upper, inside; lower, from above. Horizontal scale indicates 10 mm. The ratio cranium length to otolith length is symbolized in vertical line and thickened parts to whole length.

PLATE V

Front view of median nerve foramen in anterior wall of brain-capsule. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Horizontal scales indicate 2 mm. The ratio cranium length to size of foramen is symbolized in vertical line and thickened parts to whole length.

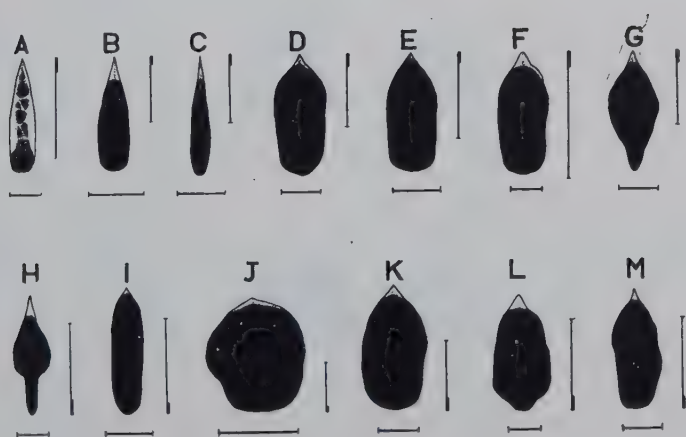
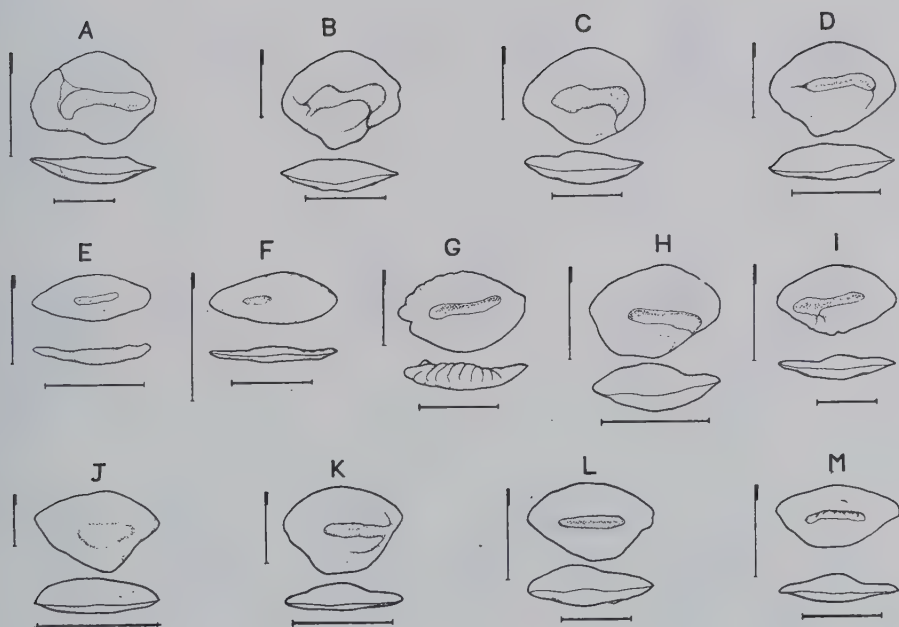


PLATE VI

Dentition on upper (a) and lower (b) jaw. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. a, upper dentition; b, lower dentition. db, dentary band; da, dentary; ma, maxillary; mb, maxillary band; pp, premaxillary patch; pv, premaxillo-ethmo-vomerine plate vb, vomerine band. Scales indicate 5 mm.

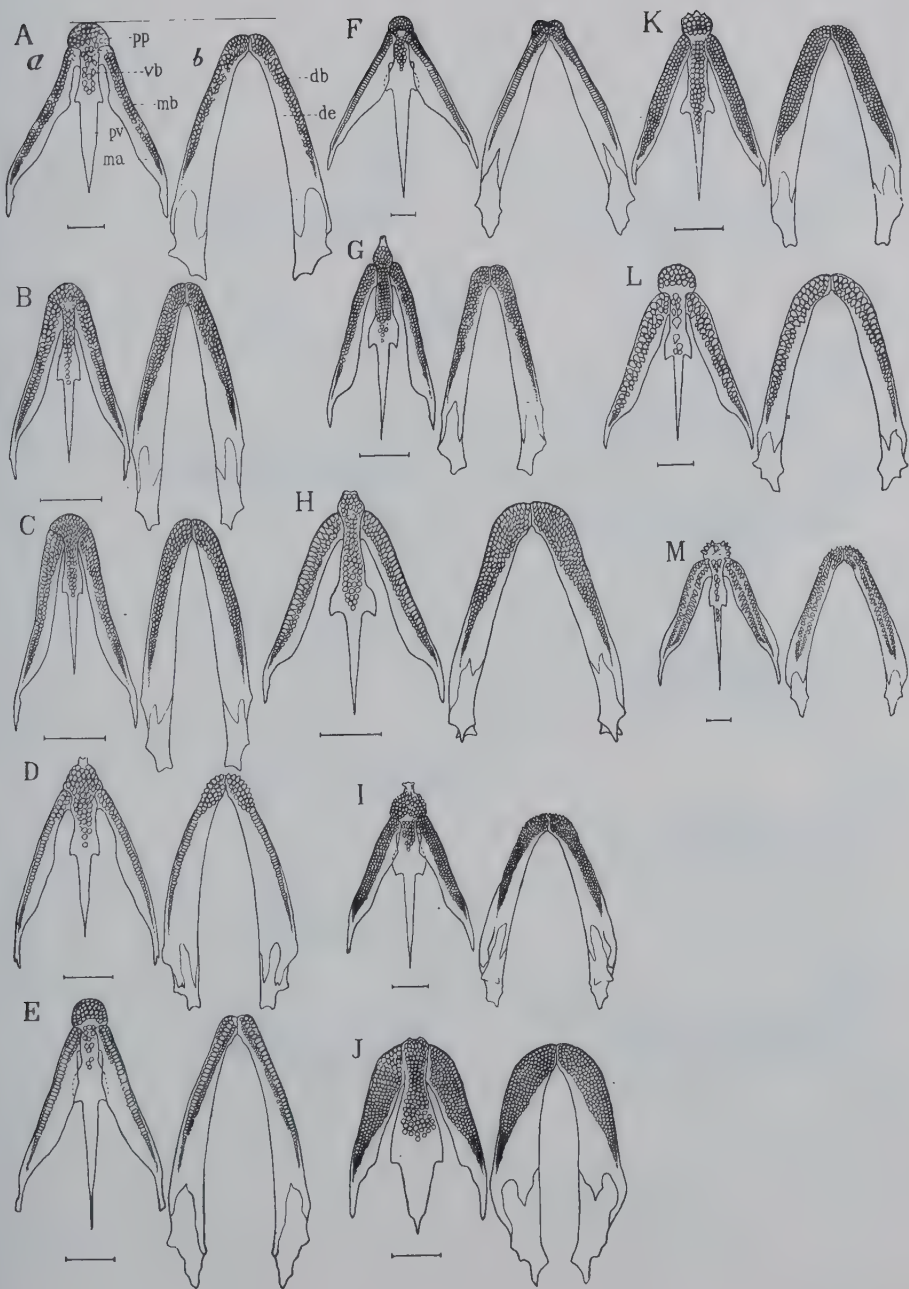


PLATE VII

Lateral aspect of left hyoid arch. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Phynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. bi, branchiostegal ray; ch, ceratohyal; gl, glossohyal; hh, hypohyal; uh, urohyal. Scales indicate 10 mm.

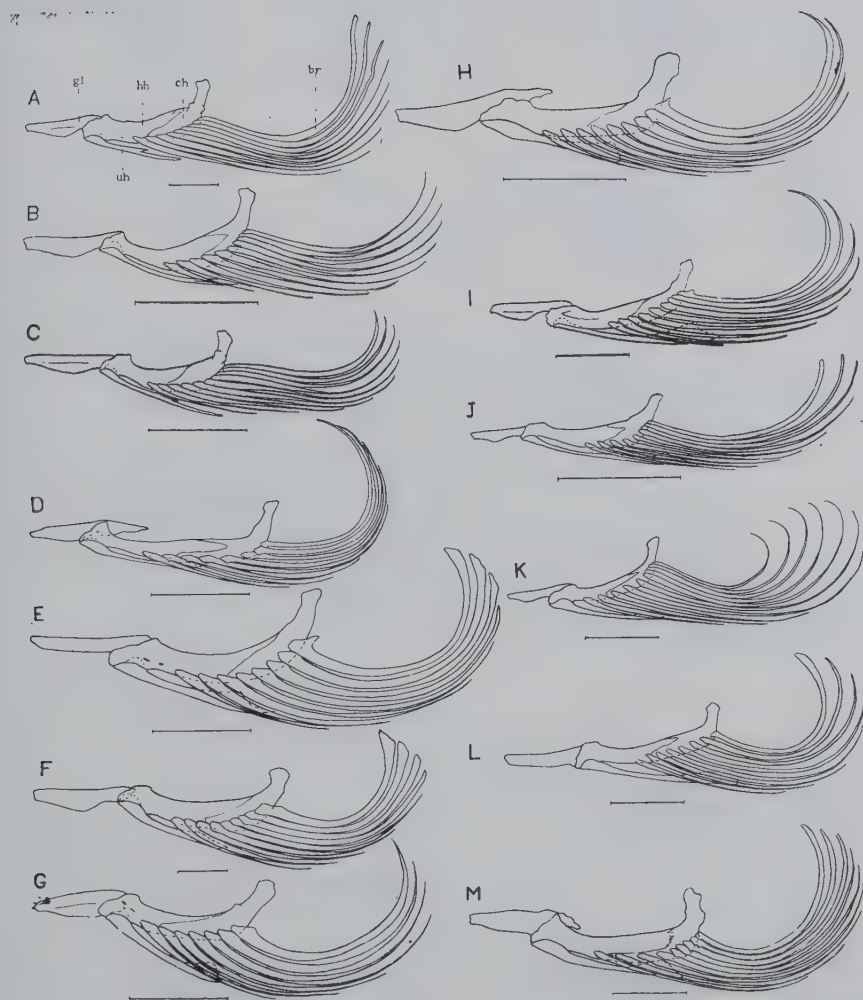


PLATE VIII

Upper views of left gill and hyoid arch (branchiostagal rays omitted), somewhat opened out. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; C', *Alloconger shiroanago major*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; H', *Rhynchocymba xenica*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. bb, basibranchial; cb, ceratobranchial; ch, ceratohyal; eb, epibranchial; black parts, gill cleft; gh, glossohyal; hb, hypobranchial; hh, hypohyal; lp, lower pharyngeal; pb, pharyngobranchial; up, upper pharyngeal. Scales indicate 10 mm.

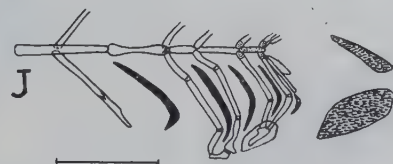
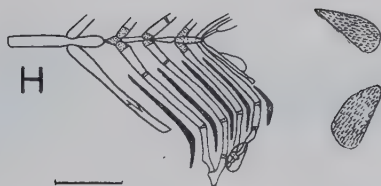
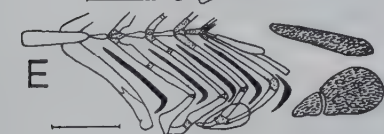
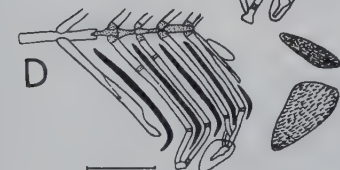
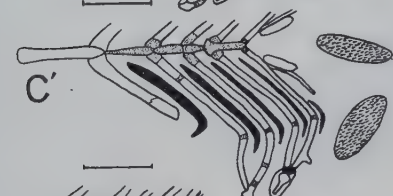
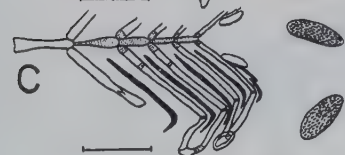
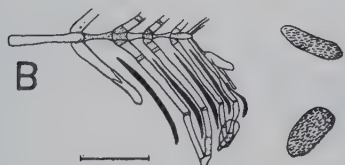
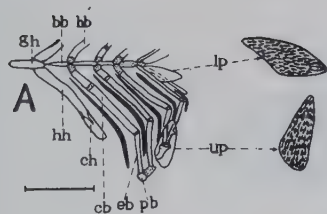


PLATE IX

Left pectoral girdle and pectoral fin. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicoa*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. ac, actinost; cl, clavicle; co, coracoid; sc, scapula; sl, supra-clavicle; ur, upper pectoral ray. Scales indicate 10 mm.

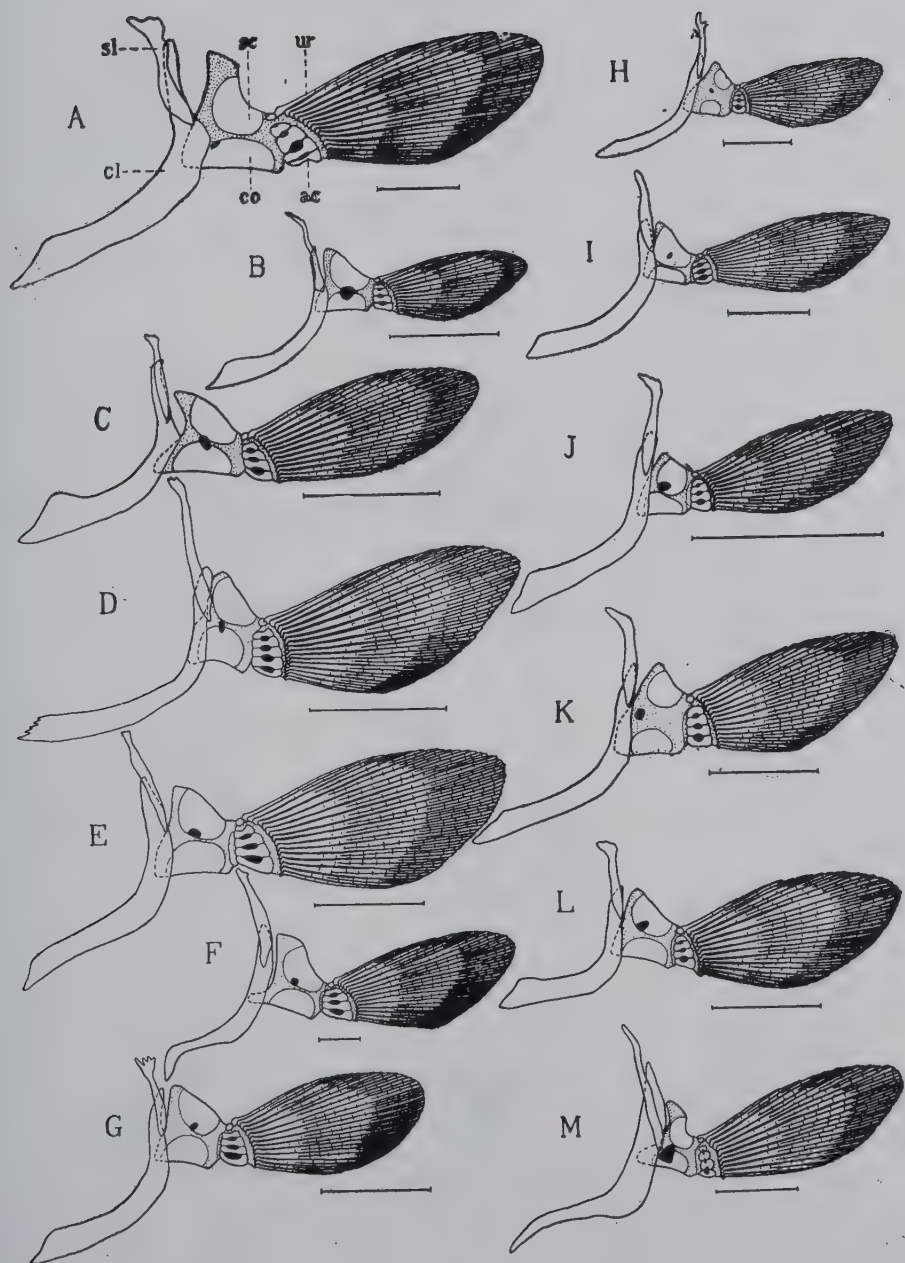


PLATE X

First five vertebrae. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. a, from side; b, from below; c, the first vertebra from front; d, the fifth vertebra from front. ce, centrum; na, neural arch; pa, parapophysis; tp, transverse process. Scales indicate 5 mm.

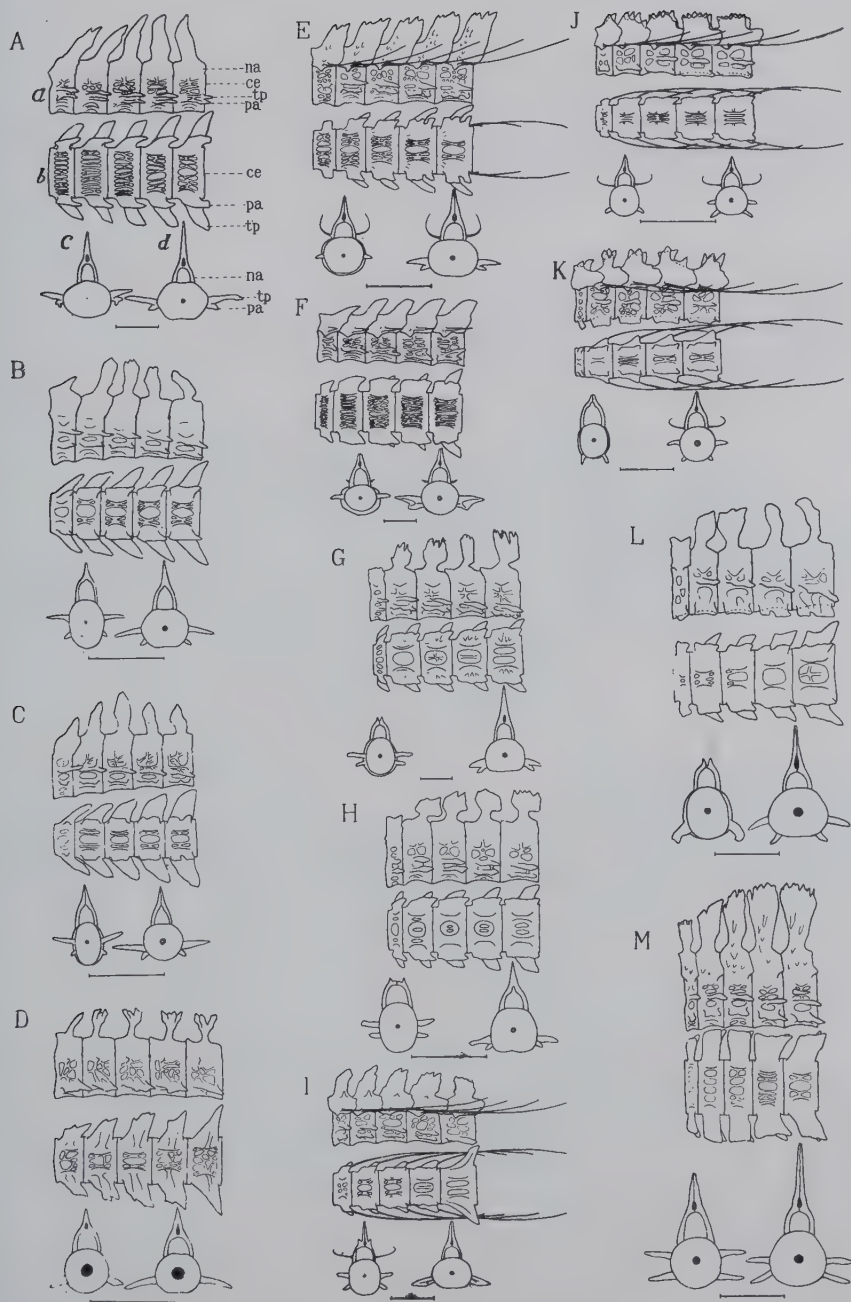


PLATE XI

Shape of parapophysis in the 25th~30th vertebrae from below. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*; F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. Scales indicate 10 mm.

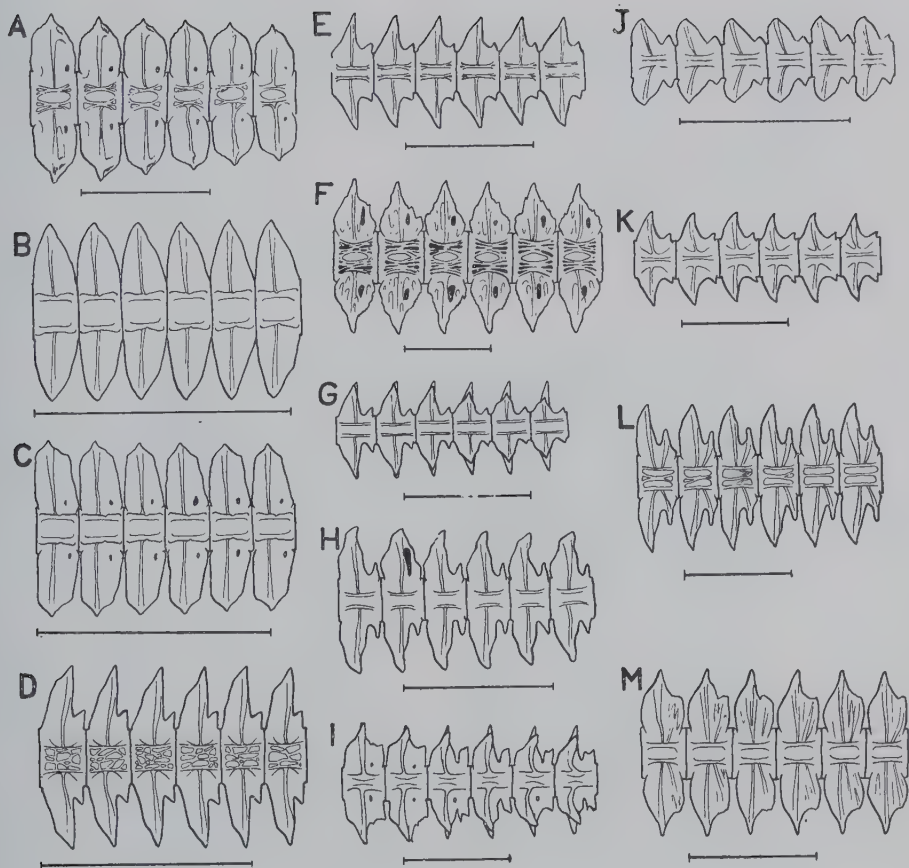


PLATE XII

Last three abdominal vertebrae and intermuscular bones. A, *Anago anago*; B, *Alloconger anagoides*; C, *Alloconger shiroanago shiroanago*; D, *Congriscus megastomus*; E, *Conger myriaster*. a, From side; b, c, d, from front, but in b and d intermuscular bone omitted. ce, centrum; el, epipleural; en, epineural; ha, haemal arch; hs, haemal spine; na, neural arch; ns, neural spine; pa, parapophysis; sl, sub-epipleural; sn, sub-epineural; tp, transverse process. Scales indicate 5 mm.

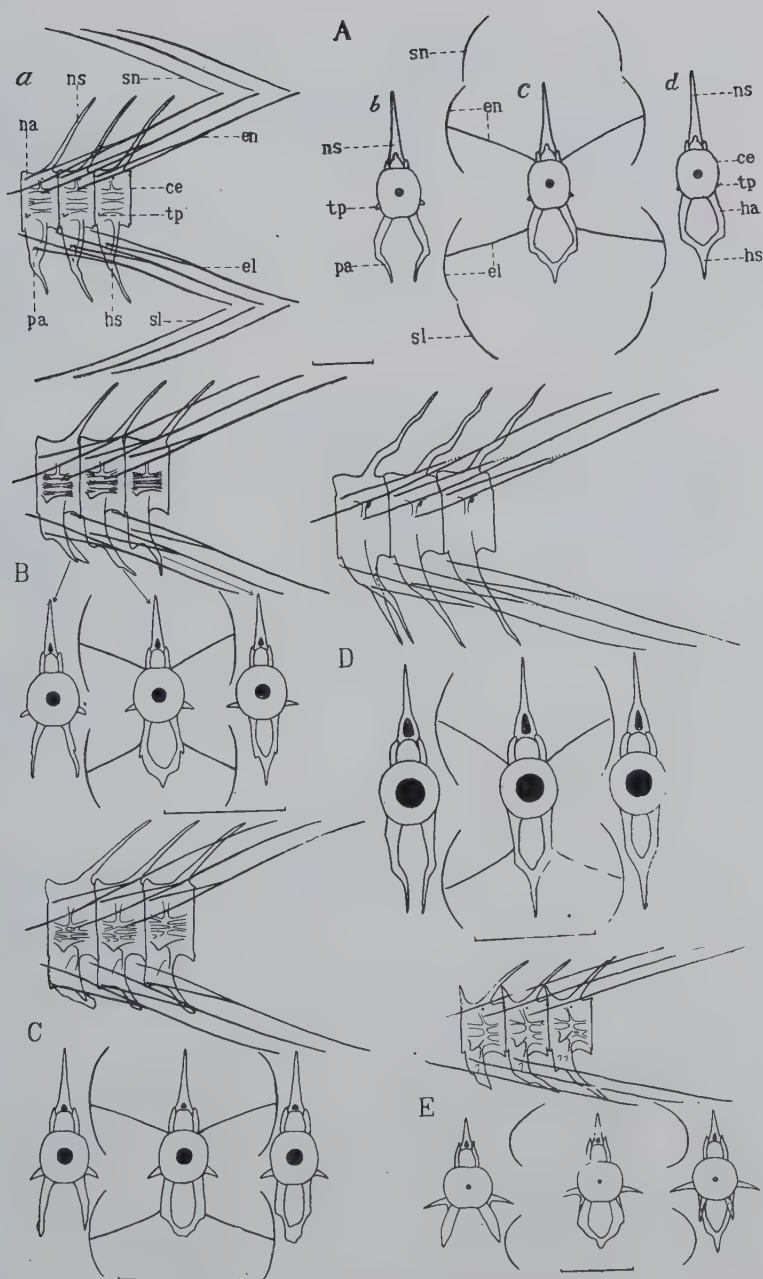
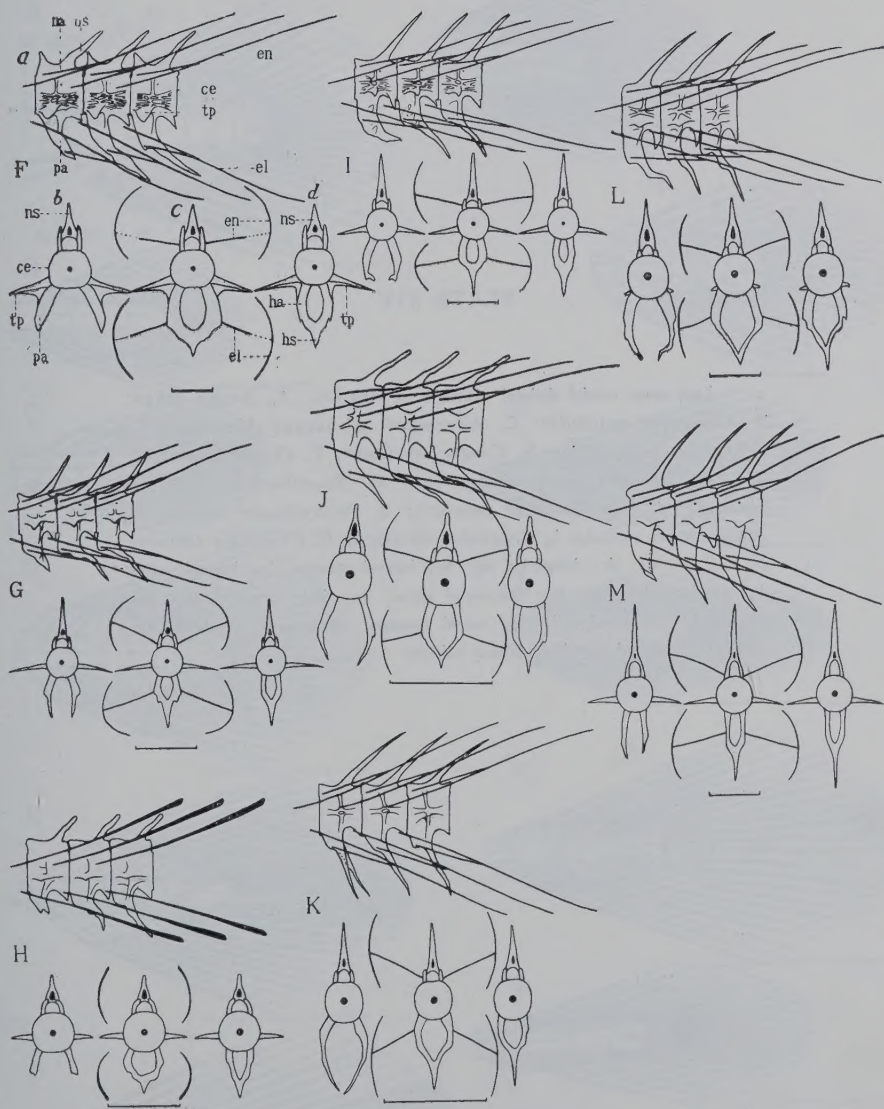


PLATE XIII

Last three abdominal vertebrae and intermuscular bones. F, *Conger japonicus*; G, *Rhynchocymba nystromi nystromi*; H, *Rhynchocymba nystromi ginanago*; I, *Rhynchoconger ectenura*; J, *Promyllantor nezumi*; K, *Japonoconger sivicola*; L, *Congrina retrotincta*; M, *Uroconger lepturus*. a, from side; b, c, d, from front, but in b and d, intermuscular bone omitted. ce, centrum; el, epipleural; en, epineural; ha, haemal arch; hs, haemal spine; na, neural arch; ns, neural spine; pa, parapophysis; tp, transverse process. Scales indicate 5 mm.



昭和34年12月3日印刷

下関市吉見永田本町1944番地

昭和34年12月5日発行

農林省水産講習所

(非売品)

下関市長崎町2281番地

印刷所 瞬報社写真印刷株式会社

印刷者 藤田永之進

